

UNIVERSIDAD DE CUENCA



FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela de Ingeniería Civil

EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE MONJAS – GORDELEG, PARROQUIA ZHIDMAD, CANTÓN GUALACEO, PROVINCIA DEL AZUAY

*Trabajo de titulación previo
a la obtención del título de
Ingeniero Civil*

Autor:

Santiago Fernando Ulloa Supliguicha
C.I.: 0104754114

Director:

Ing. Diego Benjamín Idrovo Murillo
C.I.: 0101500387

Cuenca – Ecuador

2017

RESUMEN

El proyecto corresponde a la evaluación del sistema de agua potable Monjas – Gordeleg, ubicado en la parroquia Zhidmad del cantón Gualaceo; que abastece a las comunidades de Monjas, Gordeleg, Bellavista y Chilla. Las fuentes de agua cruda son los afloramientos Tari, Danzacocha y Achupilla, ubicados en la parte alta del bosque Protector Aguarongo. El sistema tiene cuatro conducciones en PVC, planta de tratamiento, tres tanques de reserva y las redes de distribución integrada con 37 tanques rompe presiones y 9 válvulas de aire. La planta de tratamiento tiene un aerador en cascadas, dos filtros lentos descendentes, cámara de contacto de cloro para la desinfección. La evaluación realizada contiene la caracterización general de las comunidades, valoración física – sanitaria de las estructuras del sistema, análisis de los consumos registrados en doce meses, análisis hidráulico de las conducciones y de las redes de distribución, análisis de la calidad del agua cruda y potable en verano y en invierno. En base a la información recopilada en campo se encontró que físicamente la totalidad de las estructuras están en buenas condiciones, ciertos accesorios de hierro externamente presentan oxidación pero no afectan el funcionamiento del sistema. La simulación hidráulica se realizó en Epanet mediante el régimen permanente (análisis estático). La calidad del agua en verano es diferente al periodo de invierno los parámetros físicos muestran los mayores signos de deterioro, debido a las acciones antrópicas.

Palabras claves:

Planta de tratamiento, dotación, calidad del agua, evaluación, presión, abonados, red de distribución, conducciones.

ABSTRACT

The project corresponds to the evaluation of the Monjas – Gordeleg drinkable water system, located in the Zhidmad parish of the Gualaceo canton; supplies the communities of Monjas, Gordeleg, Bellavista and Chilla. The sources of raw water are the outcrops Tari, Danzacocha and Achupilla, located in the upper part of the Protector Aguarongo forest. The system has four PVC conduction pipes, treatment plant, three reserve tanks and integrated distribution networks with 37 pressure-breaking tanks and 9 air valves. The treatment plant has an aerator in cascades, two slow descending filters, chlorine contact chamber for disinfection. The evaluation includes the general characterization of the communities, physical - health assessment of the structures of the system, analysis of consumption recorded in twelve months, hydraulic analysis of pipelines and distribution networks, Analysis of the quality of raw and drinking water in summer and winter. Based on the information collected in the field it was found that physically all of the structures are in good condition, certain iron fittings externally exhibit oxidation but do not affect the operation of the system. The hydraulic simulation was performed in Epanet by means of the permanent regime (static analysis). The quality of the water in summer is different to the period of winter the physical parameters show the greater deterioration signs, due to anthropic actions.

Key words:

treatment Plant , water supply, water quality, evaluation, pressure, users, distribution pipes, conduction pipes.



ÍNDICE

Capítulo 1	Introducción.....	14
1.1	Antecedentes	14
1.2	Justificación.....	15
1.3	Objetivos	16
1.3.1	Objetivo general	16
1.3.2	Objetivos específicos	16
Capítulo 2	Caracterización general de las comunidades.....	17
2.1	Factores descriptivos de las comunidades.....	17
2.1.1	Ubicación	17
2.1.2	Aspectos climáticos.....	18
2.1.2.1	Viento	19
2.1.2.2	Temperatura	19
2.1.2.3	Precipitación	19
2.1.3	Usos y cobertura de suelo	20
2.1.4	Aspectos demográficos	20
2.1.5	Equipamientos sociales	22
2.1.5.1	Educación.....	22
2.1.5.2	Salud	23
2.1.5.3	Servicios básicos	23
2.1.5.4	Equipamiento comunal	25
2.1.6	Factores económicos	25
2.1.6.1	Población económicamente activa (PEA).....	26
2.1.6.2	Principales actividades de la zona.....	26
2.1.7	Vías de acceso.....	26
2.2	Administración y operación	27
2.3	Descripción del sistema de abastecimiento	28
2.3.1	Captaciones	30
2.3.2	Conducciones	35
2.3.3	Planta de tratamiento	36
2.3.4	Tanque de reserva	39
2.3.5	Redes de distribución.....	40
Capítulo 3	Metodología	41
3.1	Levantamiento Topográfico.....	41
3.2	Proyección de población	41
3.2.1	Período de diseño	42
3.2.2	Población actual.....	42

3.2.3	Población futura	42
3.2.3.1	Método aritmético	43
3.2.3.2	Método Geométrico	43
3.2.3.3	Método de correlación	44
3.2.4	Cálculos de las proyecciones.....	44
3.3	Aforos en las captaciones	45
3.4	Dotaciones	46
3.4.1	Dotación básica.....	47
3.4.2	Dotación media actual.....	47
3.4.3	Dotación media futura	49
3.5	Cálculo de caudales de consumo.....	49
3.5.1	Caudal medio diario	50
3.5.2	Caudal máximo diario	50
3.5.3	Caudal máximo horario	51
3.6	Caracterización del agua.....	51
3.6.1	Calidad del agua en la captación y distribución	52
3.6.1.1	Análisis Físico.....	52
3.6.1.2	Análisis Químico.....	53
3.6.1.3	Análisis Bacteriológico.....	53
3.7	Norma nacional de calidad del agua	54
3.7.1	Resultados de los análisis en laboratorio.....	54
3.7.1.1	Captaciones.....	54
3.7.1.2	Planta de tratamiento	56
3.7.1.3	Red de distribución.....	58
3.8	Valoración física – sanitaria del sistema	59
3.8.1	Estructuras de captación.....	59
3.8.1.1	Captación Tari	59
3.8.1.2	Captación Danzacochoa	61
3.8.1.3	Captación Achupilla.....	62
3.8.2	Planta de tratamiento	64
3.8.3	Tanques de reserva	65
3.9	Parámetros para la evaluación hidráulica de las conducciones	67
3.9.1	Caudales de evaluación.....	67
3.9.2	Velocidad del flujo	67
3.9.3	Pérdidas de carga	68
3.9.4	Golpe de ariete.....	70
3.10	Evaluación hidráulica de las líneas de conducción	71
3.10.1	Análisis de resultados	76



3.11	Parámetros para la evaluación hidráulica de la red de distribución	78
3.11.1	Caudal máximo horario de evaluación	78
3.11.2	Presiones estáticas y dinámicas	78
3.11.3	Velocidades.....	78
3.11.4	Método para determinación de caudales	78
3.12	Evaluación hidráulica de las redes de distribución	79
3.12.1	Análisis de resultados	83
Capítulo 4	Conclusiones y Recomendaciones	84
Capítulo 5	Bibliografía	86
Capítulo 6	Anexos	88
Anexo 1.	Norma TULAS – criterios de calidad de fuentes de agua	88
Anexo 2.	Norma - INEN 1108 (5ta revisión 2014) Agua Potable.....	89
Anexo 3.	Reporte de usuarios con presiones altas y bajas.....	90
Anexo 4.	Resultados del análisis al agua cruda y del tanque de reserva	92
Anexo 5.	Resultados del análisis al agua potable (red de distribución)	94

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2-1 Ubicación de la parroquia Zhidmad.....	18
Figura 2-2 División comunitaria de la parroquia Zhidmad	18
Figura 2-3 Temperatura media anual de la parroquia Zhidmad.....	19
Figura 2-4 Precipitación media anual de la parroquia Zhidmad.....	20
Figura 2-5 Uso y cobertura del suelo.....	20
Figura 2-6 Calidad de servicio en el SAP Monjas – Gordeleg	24
Figura 2-7 Porcentaje de la PEA por sectores económicos.....	26
Figura 2-8 Localización de las vías de conexión	27
Figura 2-9 Esquema del abastecimiento de agua potable Monjas – Gordeleg.....	29
Figura 2-10 Vista en planta.....	31
Figura 2-11 Vista del corte transversal A-A	31
Figura 2-12 Vista en planta.....	32
Figura 2-13 Vista del corte transversal B-B	33
Figura 2-14 Vista en planta.....	34
Figura 2-15 Vista del corte transversal C-C.....	34
Figura 2-16 Vista del corte transversal D-D.....	35
Figura 2-17 Planta de tratamiento	36
Figura 2-18 Vista en planta y corte del aerador.....	37
Figura 2-19 Vista en planta y corte del filtro lento.....	38
Figura 2-20 Vista en planta y corte de la cámara de cloración.....	39
Figura 3-1 Curvas de estimación poblacional.....	45
Figura 3-2 Pago por consumo vs Porcentaje de abonados.....	48
Figura 3-3 Resultados del análisis físico en las captaciones.....	54
Figura 3-4 Resultados del análisis químico en las captaciones.....	55
Figura 3-5 Resultados del análisis biológico en las captaciones	56
Figura 3-6 Resultados del análisis físico en la planta de tratamiento	56
Figura 3-7 Resultados del análisis químico en la planta de tratamiento	57
Figura 3-8 Resultados del análisis biológico en la planta de tratamiento	58
Figura 3-9 Cloro residual registrado en campo.....	58
Figura 3-10 Captación Tari.....	59
Figura 3-11 Área deforestada de la captación Tari.....	60
Figura 3-12 Captación Danzacochoa	62
Figura 3-13 Captación Achupilla.....	63
Figura 3-14 Instalaciones de la planta de tratamiento	64
Figura 3-15 Tanque 2	66
Figura 3-16 Tanque 3	67
Figura 3-17 Presión estática y dinámica de la línea de conducción	70
Figura 3-18 Presión dinámica en los nudos de la red actual	80
Figura 3-19 Velocidad en las tuberías de la red actual.....	81
Figura 3-20 Baja presión en Gordeleg, sector dispensario-IESS, con TRP	82
Figura 3-21 Incremento de presión en Gordeleg, sector dispensario-IESS, sin TRP	82

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2-1 Densidad poblacional del cantón Gualaceo	17
Tabla 2-2 Dirección y Velocidad del viento período 1998 - 2014.....	19
Tabla 2-3 Rango de consumos mensuales	21
Tabla 2-4 Población servida por SAP Monjas - Gordeleg	22
Tabla 2-5 Infraestructura educativa en las comunidades en estudio.....	22
Tabla 2-6 Infraestructura de salud.....	23
Tabla 2-7 Punto de descarga de los efluentes	24
Tabla 2-8 Equipamiento comunal	25
Tabla 2-9 Distancias de conexión.....	27
Tabla 2-10 Tarifas por consumo.....	28
Tabla 2-11 Descripción de conducciones.....	35
Tabla 3-1 Vida útil sugerida para las obras de un SAP	42
Tabla 3-2 Población por censos - parroquia Zhidmad	43
Tabla 3-3 Tasas de crecimiento en la parroquia Zhidmad.....	44
Tabla 3-4 Proyección poblacional en las comunidades servidas por el SAP Monjas - Gordeleg.....	45
Tabla 3-5 Resultados del aforamiento	46
Tabla 3-6 Dotaciones de agua para los diferentes niveles de servicio	47
Tabla 3-7 Dotación media actual	48
Tabla 3-8 Caudal medio diario.....	50
Tabla 3-9 Caudal máximo diario.....	51
Tabla 3-10 Caudal máximo horario	51
Tabla 3-11 Características de los tanques de reserva del SAP Monjas - Gordeleg .	65
Tabla 3-12 Caudales de evaluación para las conducciones.....	67
Tabla 3-13 Diferencia de elevación de las conducciones.....	76
Tabla 3-14 Presión dinámica y velocidad en las conducciones.....	77
Tabla 3-15 QMH de evaluación para la red de distribución	78
Tabla 3-16 Resumen de los datos ingresados en software Epanet.....	79



Universidad de Cuenca
Cláusula de derechos de autor

Yo, *Santiago Fernando Ulloa Supliguicha*, autor/a de la tesis “EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE MONJAS – GORDELEG, PARROQUIA ZHIDMAD, CANTÓN GUALACEO, PROVINCIA DEL AZUAY”, reconozco y acepto el derecho de la Universidad de Cuenca, en base al Art. 5 literal c) de su Reglamento de Propiedad Intelectual, de publicar este trabajo por cualquier medio conocido o por conocer, al ser este requisito para la obtención de mi título de Ingeniero civil. El uso que la Universidad de Cuenca hiciere de este trabajo, no implicará afección alguna de mis derechos morales o patrimoniales como autor/a.

Cuenca, 11 de marzo del 2017

Santiago Fernando Ulloa Supliguicha

C.I: 0104754114



Universidad de Cuenca
Cláusula de propiedad intelectual

Yo, *Santiago Fernando Ulloa Supliguicha*, autor/a de la tesis "EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE MONJAS – GORDELEG, PARROQUIA ZHIDMAD, CANTÓN GUALACEO, PROVINCIA DEL AZUAY", certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor/a.

Cuenca, 11 de marzo del 2017

Santiago Fernando Ulloa Supliguicha

C.I: 0104754114



DEDICATORIA

Este trabajo de titulación lo dedico en especial a mis padres Alfonso y Dora, quienes siempre han estado día tras día confiando y apoyándome incondicionalmente para que nunca me desanime y pueda conseguir esta meta.

De igual manera a mis hermanos Walter y Verónica con quienes comparto mi vida diaria.

AGRADECIMIENTO

Agradezco al director de tesis Ing. Diego Idrovo; por el tiempo, conocimiento y paciencia prestado a lo largo de estos meses.

A la Dra. Guillermina Pauta y al personal del laboratorio de sanitaria quienes me ayudaron en los análisis de las muestras de agua.

Gracias por haberme ayudado en este trabajo de titulación.

SIMBOLOGÍA – ABREVIATURAS

CEC	Código Ecuatoriano de la Construcción.
CELIR	Comisión Especial de Límites Internos de la República.
EMAPAS - G	Empresa Municipal de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento de Gualaceo.
ha	Hectárea.
HG	Hierro galvanizado.
IEOS	Instituto Ecuatoriano de Obras Sanitarias.
INEC	Instituto Nacional de Estadísticas y Censos.
INEN	Instituto Ecuatoriano de Normalización.
JAAP	Junta Administradora de Agua Potable.
LGH	Línea de gradiente hidráulico.
l/s	Litros por segundo
m³	Metros cúbicos.
msnm	Metros sobre el nivel del mar
mca	Metro de columna de agua.
MIDUVI	Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda.
mm	Milímetro.
m/s	Metros por segundo
Ø	Diámetro.
PDOT	Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial.
PRAGUAS	Programa de agua y saneamiento para comunidades rurales y pequeños municipios del Ecuador.
PVC	Policloruro de vinilo
SAP	Sistema de Agua Potable.
SENAGUA	Secretaría Nacional del Agua.
TRP	Tanque rompe presiones.
UNT	Unidades Nefelométricas de Turbiedad
UC, Pt Co	Unidades de color platino cobalto

Capítulo 1 Introducción

1.1 Antecedentes

El agua es esencial para la vida y todas las personas deben disponer de un suministro satisfactorio (suficiente, inocuo, aceptable, accesible y asequible). El acceso al agua potable proporciona beneficios tangibles para la salud (OMS, 2004). Por ello, se vuelve indispensable un sistema de agua potable de calidad, pues constituye un componente importante en materia de salud y desarrollo económico en los ámbitos nacional, regional y local.

Un sistema de agua potable está conformado por un conjunto de obras: conducción, planta de tratamiento, reservas y redes de distribución, obras que permiten abastecer de agua a los usuarios del sistema. Todo el conjunto de obras tiene un proceso de planificación, diseño, construcción. Asimismo, cada componente después de ser implementados, se debe operar y mantener de la forma más adecuada. Sin embargo, no solo las propias consecuencias del paso del tiempo comienza a generar problemas sino también la falta de un adecuado mantenimiento y con ello la calidad de agua se ve afectada, por lo tanto, tomar las medidas correctivas lo más pronto posible es clave para preservar la eficiencia del sistema.

El sistema de agua potable Monjas – Gordeleg, está ubicado en la provincia del Azuay, cantón Gualaceo, parroquia Zhidmad. El sistema de agua potable abastece a cuatro de las ocho comunidades de la parroquia, las comunidades beneficiadas son Bellavista, Chilla, Gordeleg y Monjas. Las fuentes de agua cruda son los afloramientos Tari, Danzacocha y Achupilla, ubicados en el Bosque Protector Aguarongo.

De la verificación en campo, se determina que una parte de la zona de recarga hídrica de la captación Tari, es una área deforestada, aunque es una zona protegida desde el año 1985., El área deforestada, se utiliza en actividades de pastoreo y cultivos de pequeñas parcelas (maíz, cebada).

Por ello, las autoridades de la Junta de agua con la finalidad de proteger la zona de recarga hídrica, están realizando gestiones ante el GADG (Gobierno Autónomo Descentralizado del cantón Gualaceo) y SENAGUA (Secretaría Nacional del Agua, Demarcación Hidrográfica del Santiago), para dar una solución definitiva al área deforestada.

La construcción del sistema de agua potable data del año 2004, el apoyo técnico y económico se dio a través del Programa Nacional de Agua y Saneamiento para el sector rural del país (PRAGUAS), impulsado por la Subsecretaría de Servicios de Agua Potable y Saneamiento del MIDUVI. Por motivos económicos de las comunidades y localización geográfica de los diferentes componentes del sistema, derivan problemas de accesibilidad que dificultan una operación y mantenimiento rápido y oportuno ante cualquier inconveniente que se presentase en algún componente del sistema. Además cualquier trabajo de mantenimiento se realiza mediante mingas con los abonados designados por el presidente de la junta.

Las autoridades de la junta administradora de agua potable de la parroquia Zhidmad, a fin de legalizarse, conjuntamente con el apoyo del GAD - Gualaceo y SENAGUA han iniciado un proceso de análisis y valoración de la capacidad de los sistemas de agua potable existentes en la parroquia.

1.2 Justificación

Se ha comprobado que las inversiones en sistemas de abastecimiento de agua pueden ser rentables desde un punto de vista económico, ya que la disminución de los efectos adversos para la salud y la consiguiente reducción de los costos de asistencia sanitaria son superiores al costo de las intervenciones en infraestructuras de abastecimiento de agua. (OMS, 2004).

SENAGUA, como autoridad única del agua, en cumplimiento de la décima primera transitoria de la Ley Orgánica De Recursos Hídricos, Usos Y Aprovechamiento del Agua, publicada en el Registro Oficial el 6 de agosto de 2014, realizó una evaluación al funcionamiento técnico del sistema y en diciembre del año 2015, entregó un informe de evaluación rápida al presidente de la junta de agua potable de Zhidmad, en una de las recomendaciones del informe, textualmente *“recomienda a las autoridades pertinentes realizar a corto plazo una evaluación hidráulico – sanitaria del sistema”*.

Es importante citar que la única evaluación de la eficiencia del servicio, es la que realizó SENAGUA. Para determinar el nivel de eficiencia con que se gestiona el sistema de agua potable, es importante realizar la evaluación del sistema de agua potable Monjas – Gordeleg, parroquia Zhidmad, perteneciente al cantón Gualaceo, provincia del Azuay.

La evaluación permitirá conocer el estado de sus componentes, que facilitará identificar posibles deficiencias, las causas que las originan y, respaldado en las normas técnicas vigentes, proponer recomendaciones para su mejoramiento en caso de ser necesario. La evaluación abarca un levantamiento topográfico, aforos, caracterización del agua, proyecciones de población, cálculo de caudales, valoración hidráulica, y una valoración físico - sanitario de los diferentes componentes existentes.

Los trabajos a realizar abarcarán actividades de campo y gabinete. Para la caracterización del agua se enviará las muestras al laboratorio de sanitaria de la facultad de ingeniería. Además se contará con la colaboración de la administración de turno de la junta de agua potable.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Evaluar el funcionamiento del sistema de agua potable Monjas – Gordeleg de la parroquia Zhidmad en el cantón Gualaceo.

1.3.2 Objetivos específicos

- Determinar la dotación de agua actual y futura
- Determinar la calidad de agua que se capta y se distribuye.
- Identificar el estado actual del funcionamiento hidráulico de las obras que integran el sistema de agua potable.
- Proponer recomendaciones que permita dar soluciones a las deficiencias encontradas.

Capítulo 2 Caracterización general de las comunidades

2.1 Factores descriptivos de las comunidades

La caracterización de las comunidades contempla aspectos ambientales, relaciones socio-económicos, usos y coberturas del suelo y descripción de las vías de conexión hacia la parroquia como las internas entre comunidades; localizadas e identificadas en el área de estudio del sistema de agua potable. Las comunidades que forman parte del estudio, son territorialmente colindantes, comparten hábitos similares de vida.

- **División política del cantón Gualaceo**

El cantón Gualaceo está ubicado en la parte nororiental de la provincia del Azuay, es el más grande luego del cantón Cuenca. Está constituido por una parroquia urbana consolidada en 25 barrios o sectores, en el área periférica con la presencia de 40 comunidades y 8 parroquias rurales que conforman un área total de 367,18 km² (GAD-Gualaceo, 2014). El cantón Gualaceo está dividido territorialmente como se indica en la Tabla 2-1.

Tabla 2-1 Densidad poblacional del cantón Gualaceo

Número	Parroquias	Población (hab)	Superficie 2010 (Km ²)	Densidad Poblacional (hab/km ²)
1	Gualaceo (zona urbana)	13981	6,62	2112
	Gualaceo (zona rural)	7462	39,37	190
2	San Juan	5305	31,24	170
3	Jadán	4326	51,21	84
4	Simón Bolívar	1128	13,8	82
5	Mariano Moreno	2616	33,71	78
6	Daniel Córdova	1702	24,23	70
7	Zhidmad	2745	43,3	64
8	Remigio Crespo	1414	32,99	43
9	Luis Cordero	2030	90,71	22
Total		42709	367,18	

Fuente: INEC – Censo de Población y Vivienda 2010 y (GAD-Gualaceo, 2014)

2.1.1 Ubicación

Como se muestra en la Figura 2-1, la parroquia Zhidmad se encuentra ubicada al suroeste (occidente) del cantón Gualaceo, limita con las parroquias Santa Ana y Paccha del cantón Cuenca; Jadán y San Juan del cantón Gualaceo y San Bartolomé del cantón Sígfig.

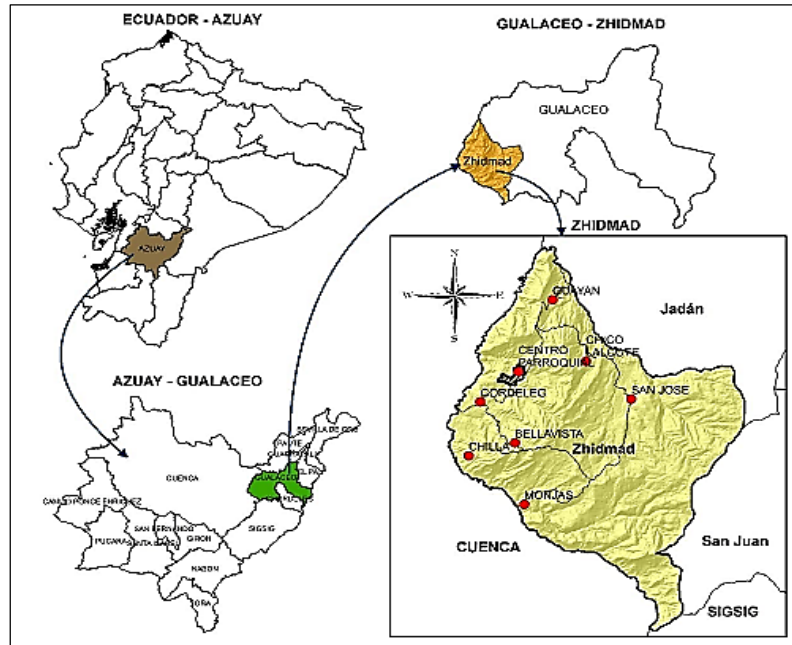


Figura 2-1 Ubicación de la parroquia Zhidmad
Fuente: PDOT Parroquia Zhidmad 2015

Zhidmad tiene 8 comunidades, entre ellas cuatro comunidades Monjas, Chilla, Bellavista y Gordeleg que son beneficiarias del sistema de agua potable a evaluar. Las comunidades están ubicadas al oeste del territorio parroquial, ver Figura 2-2.



Figura 2-2 División comunitaria de la parroquia Zhidmad
Fuente: PDOT Parroquia Zhidmad 2015

2.1.2 Aspectos climáticos

Los aspectos climáticos están en función de una diversidad de factores que modifican las condiciones naturales de un lugar y esto a su vez influye en el aumento o disminución del consumo de agua. A continuación, se describen las características climáticas influyentes para un sistema de agua: viento, temperatura y precipitación.

2.1.2.1 Viento

La velocidad y dirección del viento mostrado influye en los valores de humedad, temperatura y precipitación. Los vientos predominantes es de Sureste hacia el Noreste con una velocidad media anual de 1,7 m/s, ver Tabla 2-2.

Tabla 2-2 Dirección y Velocidad del viento período 1998 - 2014

Dirección del viento	N (m/s)	NE (m/s)	E (m/s)	SE (m/s)	S (m/s)	SO (m/s)	O (m/s)	NO (m/s)
Velocidad del viento	1,7	1,6	1	1,7	1,3	1,1	0,8	1,6

Fuente: PDOT (GAD-Zhidmad, 2015, p. 39)

2.1.2.2 Temperatura

Las comunidades en estudio están ubicadas en territorios colindantes, el rango altitudinal del territorio está entre los 2600 y 3000 msnm, donde la temperatura media anual oscila entre 11 a 13 grados centígrados, ver Figura 2-3.

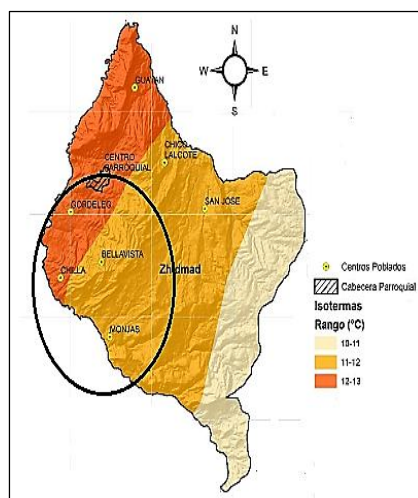


Figura 2-3 Temperatura media anual de la parroquia Zhidmad

Fuente: PDOT Parroquia Zhidmad 2015

2.1.2.3 Precipitación

Los anuarios meteorológicos de la estación más cercana a las comunidades en estudio es “Gualaceo – M139”, registra precipitaciones medias anuales de 750mm (Ver Figura 2-4). Según los reportes agroclimáticos del país es un promedio anual adecuado para mantener las fuentes hídricas recargadas en la región interandina (INAMHI, 2012). Caracterizar el régimen estacional influye directamente en los datos aforados, la estación lluviosa se da en 2 períodos, enero a mayo y octubre a diciembre; mientras la estación seca va de junio a septiembre.

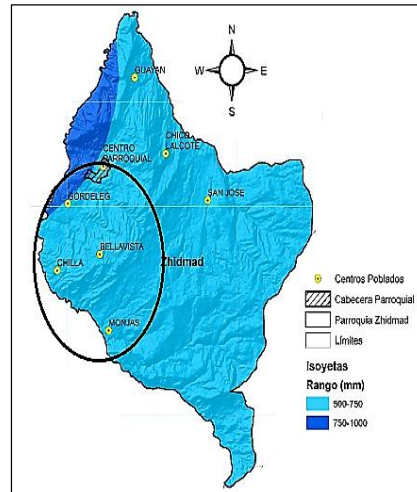


Figura 2-4 Precipitación media anual de la parroquia Zhidmad
Fuente: PDOT Parroquia Zhidmad 2015

2.1.3 Usos y cobertura de suelo

Las 4 comunidades en estudio presentan características similares de uso y cobertura de suelo. En la Figura 2-5, visiblemente se distinguen 3 tipos de cobertura, en mayor cantidad pasto y en menor cantidad vegetación y bosque intervenido (Bosque Protector Aguarongo). Dependiendo del uso de suelo, ya sea para convertirlos en campos agrícolas, ganaderos o asentamientos humanos, van a influir en el consumo de agua.

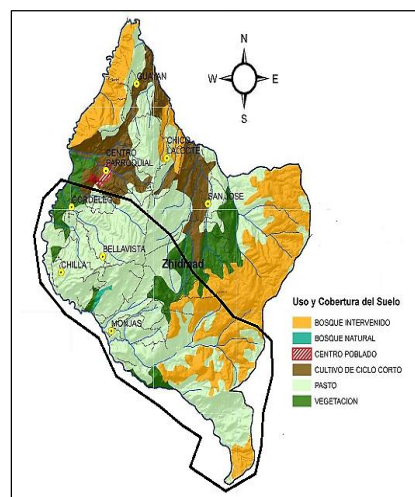


Figura 2-5 Uso y cobertura del suelo
Fuente: PDOT Parroquia Zhidmad 2015

2.1.4 Aspectos demográficos

Uno de los aspectos necesarios para determinar la población servida en las comunidades en estudio es la recopilación de información, esto se hizo mediante

formularios con encuestas previamente elaborados. Luego de identificar y corregir datos que estén incompletos o ilegibles del registro de abonados de junio 2015 hasta junio 2016, se determinó que el sistema cuenta con 334 abonados, de los cuales 318 abonados tienen vivienda con medidor y 16 abonados tienen medidor en predios sin vivienda. A pesar de no tener vivienda, consumen agua en actividades de agricultura y ganadería. Asimismo es importante señalar que 2 de los 318 abonados usan el agua para fabricación de bloques y crianza de pollos.

- **Población servida**

De los 334 abonados registrados hasta junio 2016; para la encuesta se tomó una muestra de 120 abonados en función del rango de consumos mensuales promedio indicados en la Tabla 2-3; es decir se agrupó a los abonados en rangos similares a la tabla tarifaria, ver Tabla 2-10.

Tabla 2-3 Rango de consumos mensuales

Rango de consumos mensuales promedio (m3/mes)	Abonados, hasta junio 2016	Abonados encuestados
0 < consumo < 10	196	60
10 < consumo < 15	79	30
15 < consumo < 20	31	15
20 < consumo < 25	14	7
25 < consumo < 30	6	8
30 < consumo < 35	4	
35 < consumo < 40	2	
40 < consumo < 45	1	*
45 < consumo < 50	0	
50 < consumo < 55	1	
Total	334	120

* Consumos excesivos por las actividades agropecuarias

* Consumos excesivos por las actividades agropecuarias

Elaboración: Autor

Por ello, según la encuesta elaborada, entre el 24 al 29 de Junio del 2016, la población servida por el SAP Monjas – Gordeleg corresponde a 1361 habitantes, con promedio de 4.28 personas por hogar (Ver Tabla 2-4). La población base en las 4 comunidades considerada por la consultoría en el año 2002 fue de 1031 habitantes. Como dato de referencia en el último Censo de Población y Vivienda 2010, la población en la parroquia Zhidmad fue de 2745 habitantes con promedio de 4,17 personas por hogar.

Tabla 2-4 Población servida por SAP Monjas - Gordeleg

Comunidades	Habitantes		Total de abonados	Promedio hab/hogar
	Permanentes	Flotantes*		
Gordeleg, Chilla, Bellavista	647	151	201	4.28
Monjas	509	54	117	
Total	1156	205	318	

* Habitantes que llegan a sus inmuebles solo ciertos días de la semana o fines de semana por asuntos laborales o de descanso.

Elaboración: Autor

2.1.5 Equipamientos sociales

El componente social es un factor importante en el desarrollo de las comunidades y por ende influye en la calidad de vida de la población, puesto que permite satisfacer las demandas básicas. A continuación se describe los equipamientos relacionados a educación, salud, servicios básicos y espacios de congregación social.

2.1.5.1 Educación

Son espacios destinados a la formación intelectual de los miembros de una sociedad. Tal como se menciona en el Título II, capítulo Segundo, sección Quinta, Art. 26 de la Constitución: *“el Estado es el principal garante pero la sociedad debe asumirlo como un deber el participar en el proceso educativo”* (Constitución del Ecuador, 2008).

SENPLADES (Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo) dividió por zonas, distritos y circuitos, por lo tanto el equipamiento de educación y salud, se encuentra en la **Zona 06 / Distrito: 01D04 Gualaceo – Chordeleg / Circuito: C03 Zhidmad; D04C03 Zhidmad**. En la Tabla 2-5, se indica la infraestructura educativa existente en las comunidades servidas por el sistema de agua potable Monjas – Gordeleg.

Tabla 2-5 Infraestructura educativa en las comunidades en estudio

Número	Nombre del plantel	Ubicación (Comunidad)	Nivel	Jornada	Sexo	Número Grados	Número Alumnos
1	Benjamín Albornoz	Bellavista	Escuela	Matutina	Mixto	6	32
2	Bilingüe Rumiñahui	Monjas				5	18
3	Princesa Paccha	Chilla	Escuela			Cerrada*	

* Escuela cerrada por la poca cantidad de alumnos, específicamente en el periodo lectivo 2014 – 2015 contaba con 5 alumnos inscritos.

Nota: No existe equipamiento educativo en la comunidad de Gordeleg.

Elaboración: Autor

2.1.5.2 Salud

La salud también es un derecho que garantiza el Estado. Las comunidades cuentan con un subcentro de salud, ubicado en el centro parroquial, atiende de lunes a domingo desde las 8:00 a 17:00. La atención es proporcionada por: un doctor, un odontólogo y una enfermera, no existe capacidad de hospitalidad. Además existe el dispensario médico del seguro social campesino que atiende de lunes a viernes desde las 7:30 a 16:00. En la Tabla 2-6 se indica la infraestructura y los servicios más recurrentes de salud en la parroquia.

Tabla 2-6 Infraestructura de salud

Número	Clasificación	Ubicación (Comunidad)	Entidad a cargo	Servicios
1	Subcentro de salud	Centro parroquial	MSP	Medicina general, control de embarazos, vacunación, odontología, campañas de salud preventiva
2	Seguro social campesino	Gordeleg	IESS	Odontología, control de embarazo y postparto, prevención de enfermedades, auxilio para funerales

Elaboración: Autor

2.1.5.3 Servicios básicos

A continuación, se indica la accesibilidad que hay en las comunidades Bellavista, Chilla, Gordeleg y Monjas a los servicios básicos de abastecimiento de agua potable, conexión a la red de alcantarillado, servicio eléctrico, recolección de basura y servicios de telecomunicaciones.

- **Sistema de agua potable**

Según el registro de consumos desde julio 2015 hasta junio 2016, facilitados por la JAAP – Zhidmad, tiene 334 abonados conectados a la red pública de agua potable. Divididos en 129 abonados en la comunidad de Monjas y 205 abonados en las comunidades de Bellavista, Chilla y Gordeleg. Sin embargo, la cantidad de abonados crece de acuerdo a los nuevos derechos de agua vendidos. En la Figura 2-6, se muestran porcentajes de la calidad del servicio, esto da una perspectiva sobre la aceptabilidad del abastecimiento de agua en la zona.

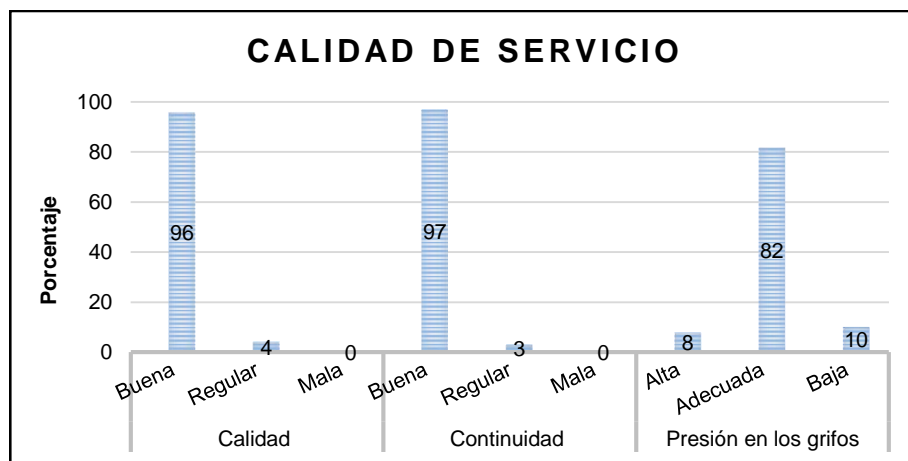


Figura 2-6 Calidad de servicio en el SAP Monjas – Gordeleg
Elaboración: Autor

• Sistema de alcantarillado

En las cuatro comunidades no existe red de alcantarillado. Es un servicio básico insatisfecho, la falta de este servicio influye para que no se incremente el consumo de agua, debido a que en la población se crean hábitos de prudencia (lavado de ropa, tiempo de duración en la ducha); menor calidad de vida menor consumo.

En la Tabla 2-7 se indica que el 89.31 % de los efluentes domiciliarios son depositados en pozos ciegos; en menor cantidad en pozos sépticos, cuerpos receptores naturales (río Gordeleg o quebradas) y en los predios (potreros).

Tabla 2-7 Punto de descarga de los efluentes

Puntos de descarga	Cantidad de casas	Porcentaje (%)
Alcantarillado	0	0
Pozo séptico	8	2.51
Pozo ciego	284	89.31
Otros *	26	8.18
Total	318	100

* Descargan directamente a cuerpos superficiales o a su vez solo los efluentes del lavado de ropa y cocina descargan a los potreros.

Elaboración: Autor

• Recolección de basura

Los desechos sólidos son recolectados los días martes y viernes por la Empresa Municipal de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento de Gualaceo EMAPAS - G, la recolección se da únicamente en puntos fijos (tarimas de madera), en los cuales la población coloca la basura; no hay recolección casa por casa.

- **Energía eléctrica**

El servicio de energía eléctrica en las comunidades es proporcionado por la empresa eléctrica Centrosur.

- **Servicios de telecomunicaciones**

En las comunidades el servicio de telefonía fija es proporcionado por la empresa CNT (Corporación Nacional de Telecomunicaciones). El servicio de telefonía celular y el acceso a internet es proporcionado por las operadora Claro, Movistar y CNT.

2.1.5.4 Equipamiento comunal

En la Tabla 2-8, se muestra los espacios disponibles en las comunidades para brindar áreas de recreación, esparcimiento, exhibición de espectáculos, seguridad y puntos donde se profesa la fe.

Tabla 2-8 Equipamiento comunal

Comunidad	Equipamientos de recreación	Equipamiento de bienestar social	Equipamiento de seguridad	Equipamiento religioso
Bellavista	Cancha	Casa comunal	UPC	Capilla
Chilla	Cancha	Casa comunal		Capilla
Gordeleg	S/E	S/E		Capilla
Monjas	Cancha	S/E		En construcción

Nota: S/E = Sin Equipamiento; UPC sirve a toda la parroquia de Zhidmad

Elaboración: Autor

2.1.6 Factores económicos

Los factores económicos están representados por los procesos económicos de un territorio. En esta parte se describirá la población económicamente activa (PEA) por sectores y los principales productos de la zona. PEA es la parte de la población que tiene la edad y capacidad de vincularse en las actividades económicas.

Los sectores económicos se clasifican en: primario son actividades económicas relacionadas con la extracción de recursos naturales o materia prima; secundario transforman los bienes y recursos procedentes del sector primario en productos elaborados y terciario se dedica a prestar servicios a la población.

2.1.6.1 Población económicamente activa (PEA)

Tomando en consideración los sectores económicos, en la Figura 2-7 se indica que la PEA está vinculada en mayor proporción al sector terciario con un 58,53% (223 personas), seguido del sector primario con 37,79% (144 personas) y el sector de menor ocupación es el secundario con 3,67% (14 personas); según PDOT Parroquia Zhidmad 2015 - INEC 2010 da como resultado un universo de 381 personas.

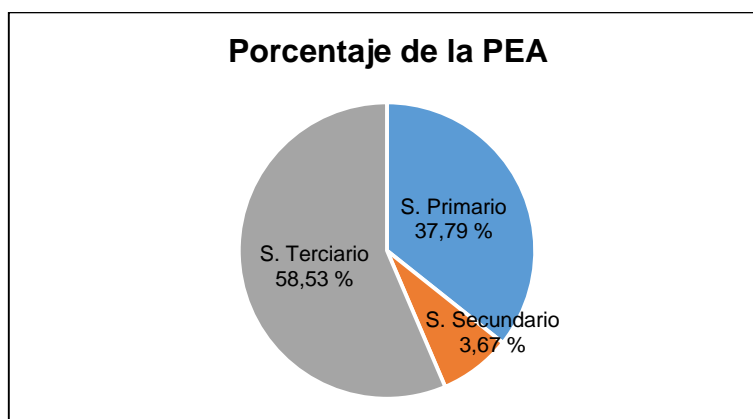


Figura 2-7 Porcentaje de la PEA por sectores económicos
Fuente: PDOT Parroquia Zhidmad 2015 - INEC 2010

2.1.6.2 Principales actividades de la zona

La economía en las comunidades está poco desarrollada por falta de actividades económicas representativas en el territorio. La presencia de las mujeres en el sector agropecuario es mayoritario, mientras que los hombres prestan los servicios de mano de obra no calificada, principalmente en la ciudad de Cuenca.

En las vistas de campo, se identificó que las actividades agropecuarias son las que sobresalen en las comunidades. En la agricultura sobresale el cultivo de maíz y en la ganadería se destaca la crianza de ganado vacuno, ovejas, pollos. Pero en la comunidad de Monjas sobresale la crianza de ganado vacuno, debido a su superficie plana – ondulada que favorece el crecimiento del pasto.

2.1.7 Vías de acceso

El acceso principal desde el cantón Gualaceo hacia la parroquia Zhidmad, es mediante una vía interparroquial, cuya capa de rodadura es de lastre con una longitud aproximada de 29,30 Km. También se puede acceder desde el cantón Cuenca ingresando por la vía El Valle – Santa Ana o desde el sector de Guangarcucho por la vía que conecta a la parroquia Jadán con el distribuidor de tráfico de la vía rápida

Cuenca – Azogues. En la Tabla 2-9 y Figura 2-8 se indican las características y ubicación respectivamente de las vías de conexión interna en las comunidades servidas por el SAP Monjas – Gordeleg.

Tabla 2-9 Distancias de conexión

Conexiones	Longitud (Km)	Tipo de vías	Capa de rodadura
Zhidmad - Gordeleg	1,9	Tercer orden	Lastre
Zhidmad - Chilla	4,1		
Zhidmad - Bellavista	4		
Zhidmad - Monjas	10		
Total	20		

Elaboración: Autor



Figura 2-8 Localización de las vías de conexión

Elaboración: Autor

2.2 Administración y operación

El sistema de agua potable Monjas – Gordeleg, es administrado bajo el reglamento interno de la “Junta Administradora de Agua Potable y Alcantarillado de la parroquia Zhidmad”, la misma ha sido constituida en el año 2003, de conformidad con la ley constitutiva de las juntas administradoras de agua potable y alcantarillado, decreto número 3327 publicado en el registro oficial número 802 de marzo 1979. El directorio es el organismo administrativo, operativo y ejecutor de la junta, está integrado de la siguiente forma:

- | | |
|--------------------------|-------------------------------------|
| a) Presidente | Ejecutivo |
| b) Secretario - Tesorero | Operativo – Administrativo |
| c) Vocales principales | Operativo y Control (1/c/comunidad) |

El sistema de agua está representado por 2 vocales principales, un vocal representa a la comunidad de Monjas y otro vocal representa a las comunidades de Gordeleg, Chilla y Bellavista. También cuenta con el servicio de un operador, encargado del mantenimiento y operatividad de todo el conjunto de obras que integran el sistema (especialmente la planta de tratamiento y la producción del desinfectante in situ); realizar las suspensiones o reconexiones del servicio y registrar el consumo mensual para que los primeros días del mes siguiente se pueda recaudar el dinero correspondiente al consumo de cada abonado. El total de usuarios hasta el mes de Junio del 2016 fue de 334 usuarios, teniendo 129 usuarios la comunidad de Monjas y 205 usuarios las comunidades de Gordeleg, Bellavista y Chilla.

El costo para acceder a un derecho de agua es de 841 dólares. La política tarifaria se plantea por la necesidad de recuperar los costos de operación, mantenimiento, administración, capacitaciones y contar con un fondo de capitalización para reparaciones mayores y ampliaciones del servicio. Para lo cual la Junta ha considerado realizar el cálculo tarifario determinando el presupuesto de los diferentes rubros de gastos en los que incurre; por la cual la tarifa básica real calculada es de 2,12 dólares para un consumo de 10 m³, pero la tarifa básica adoptada es de 2,00 dólares. El exceso de consumo se cobra de acuerdo a la Tabla 2-10.

Tabla 2-10 Tarifas por consumo

Rango de consumo m ³	Consumo Residencial		Consumo Comercial	
	Factor x \$2,00	Tarifa adicional en \$ por c/m ³	Factor x \$3.00	Tarifa adicional en \$ por c/m ³
0 - 10	2,00	2,00	3,00	3,00
11 - 15	0,15 x 2,00	0,30	0,15 x 3,00	0,45
16 - 20	0,20 x 2,00	0,40	0,20 x 3,00	0,60
21 - 25	0,25 x 2,00	0,50	0,25 x 3,00	0,75
26 - 30	0,30 x 2,00	0,60	0,30 x 3,00	0,90
31 - 35	1,00 x 2,00	1,00	0,50 x 3,00	1,50
36 en adelante	Corte temporal *			

Nota:
 Usuarios cuya edad sea mayor a 65 años pagan 1,00 hasta 10m³ de consumo
 * SENAGUA actualmente en calidad de organismo rector del agua, prohibió el corte temporal, los usuarios no tienen límite de consumo

Fuente: Reglamento interno JAAP-Zhidmad

2.3 Descripción del sistema de abastecimiento

En la Figura 2-9 se muestra el esquema general del sistema, el abastecimiento de agua es a gravedad. Tiene tres captaciones Tari, Danzacocha y Achupilla. Dispone de tres conducciones secundarias y una conducción principal. La planta de tratamiento cuenta con un aerador en cascadas, dos filtros lentos circulares, cámara de cloración,

caseta de cloración y dispone de tres tanques de reserva. En las redes de distribución existe 9 válvulas de aire y 37 tanque rompe presiones, situados 13 en la red de Monjas y 24 en la red de Bellavista, Chilla y Gordeleg.

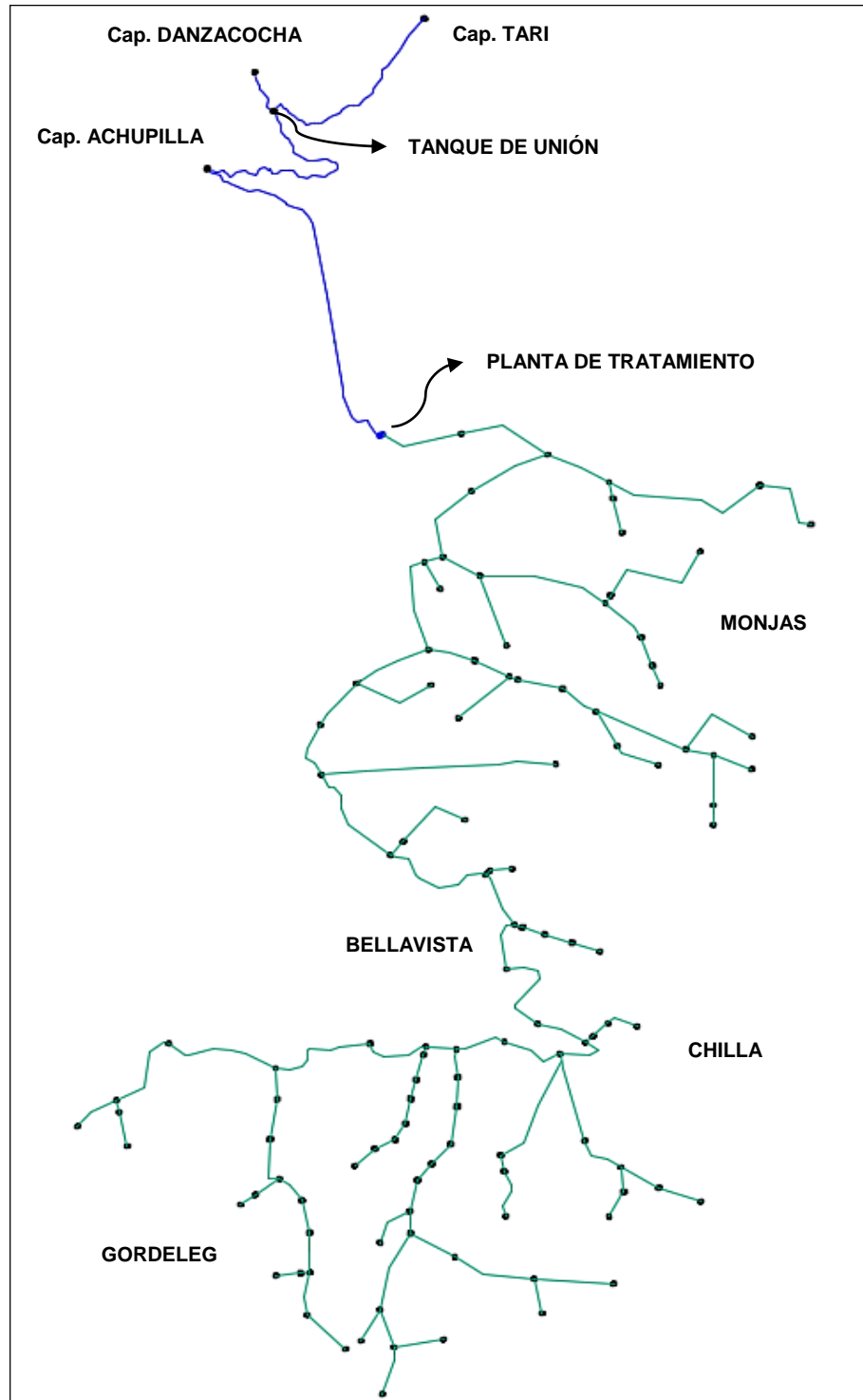


Figura 2-9 Esquema del abastecimiento de agua potable Monjas – Gordeleg
Elaboración: Autor

2.3.1 Captaciones

El mecanismo de captación es mediante drenes con tubos perforados de PVC, colocados sobre los afloramientos, para mayor permeabilidad están en medio de grava gruesa (material filtrante). Los drenes de cada captación están conectados a una tubería de PVC que conduce el agua hacia los tanques de recolección. Cada captación está formado por un tanque de recolección y un tanque de protección para las válvulas de control y limpieza. Excepto en la captación Achupilla, allí existen dos tanques de recolección y dos tanques de protección.

Como elementos de protección cada captación tiene un cerramiento perimetral, los tanques tienen tapas metálicas con candado y tapas de hormigón; para labores de mantenimiento los tanques de recolección tienen tubos de limpieza y de rebose. A continuación se describe la ubicación geográfica y componentes físicos de cada captación.

- **Captación Tari**



Forma de captación	Drenes de PVC, Ø 90 mm.
Afloramientos captados	5
Cota de la captación	3088 msnm

Coordenadas
WGS84 – 17M
X = 737483
Y = 9671095

Estructuras internas de hormigón	Un tanque recolector y una caja de protección para válvulas y accesorios
Zona de emplazamiento de los drenes	Zona deforestada del Bosque Protector Aguarongo
Tubería de ingreso	Tubería de PVC Ø 90 mm
Mantenimiento	Un tubo de limpieza y uno de rebose de HG Ø 50 mm
Tubería de salida	2 Tuberías de conducción: Tubo de PVC Ø 90 mm, conectado a conducción de PVC Ø 63 mm Tubo de HG Ø 63 mm, conectado a conducción de PVC Ø 40 mm
Válvulas de control	Válvula Ø 76 mm y Ø 50 mm, en la salida de las conducciones Válvula Ø 38 mm en el tubo de limpieza

Nota: Es la captación más distante del sistema.

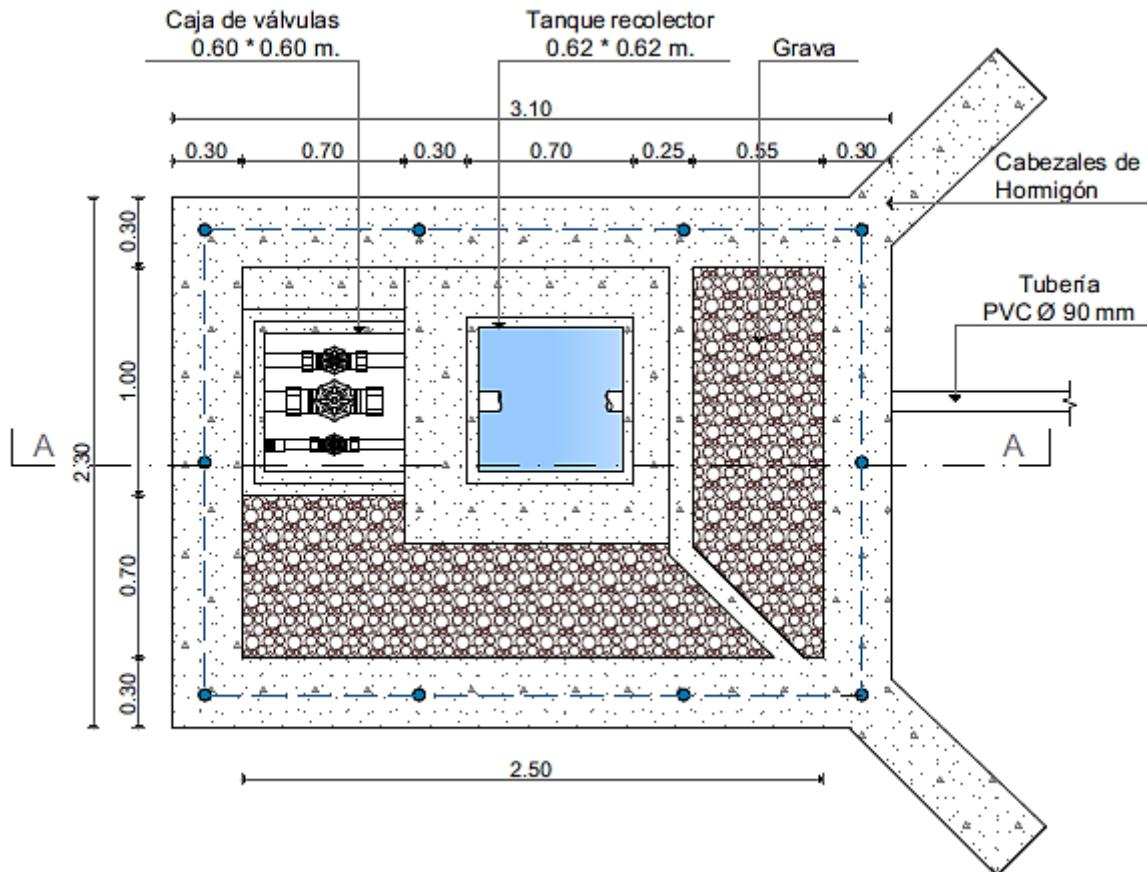


Figura 2-10 Vista en planta

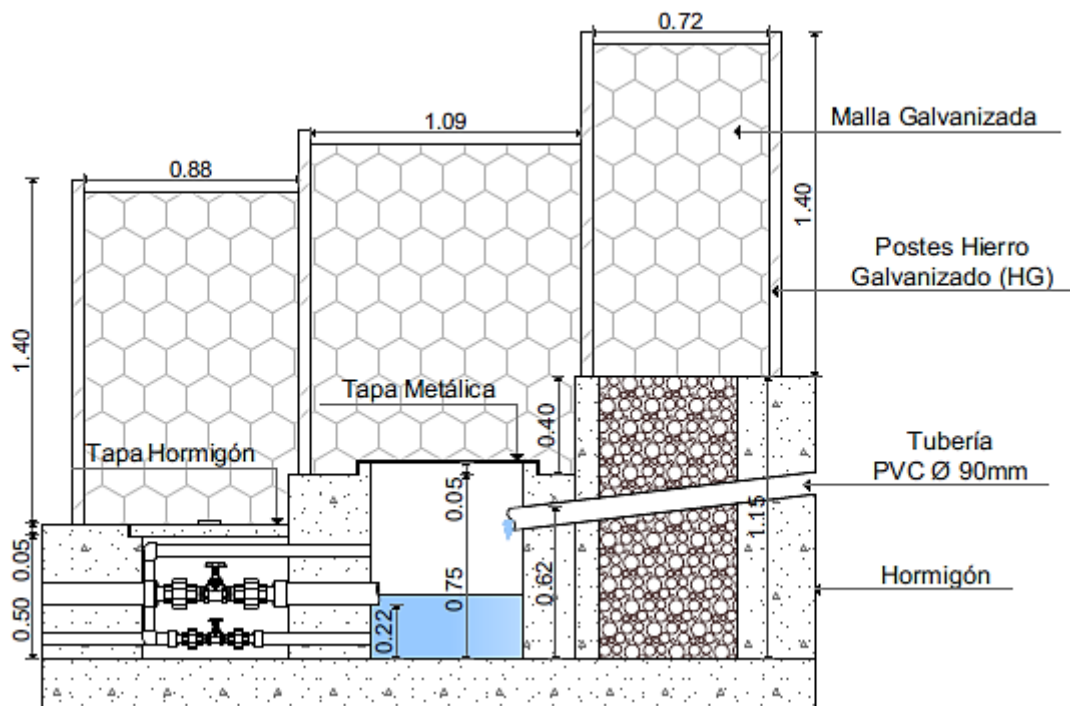


Figura 2-11 Vista del corte transversal A-A

• Captación Danzacochoa



Forma de captación	Drenes de PVC, Ø 75 mm
Afloramientos captados	2
Cota de la captación	3086 msnm

Coordenadas
WGS84 – 17M

X = 737789

Y = 9671829

Estructuras internas de hormigón	Un tanque recolector y una caja de protección para válvulas y accesorios
Zona de emplazamiento de los drenes	Zona con poca vegetación y fangosa, Bosque Protector Aguarongo
Tubería de ingreso	Tubería de PVC, Ø 90 mm
Mantenimiento	Un tubo de limpieza y uno de rebose de HG Ø 50 mm
Tubería de salida	Tubo de HG Ø 63 mm, conectado a conducción de PVC Ø 63 mm
Válvulas de control	Válvula Ø 50 mm en la tubería de salida a la conducción Válvula Ø 38 mm en el tubo de limpieza

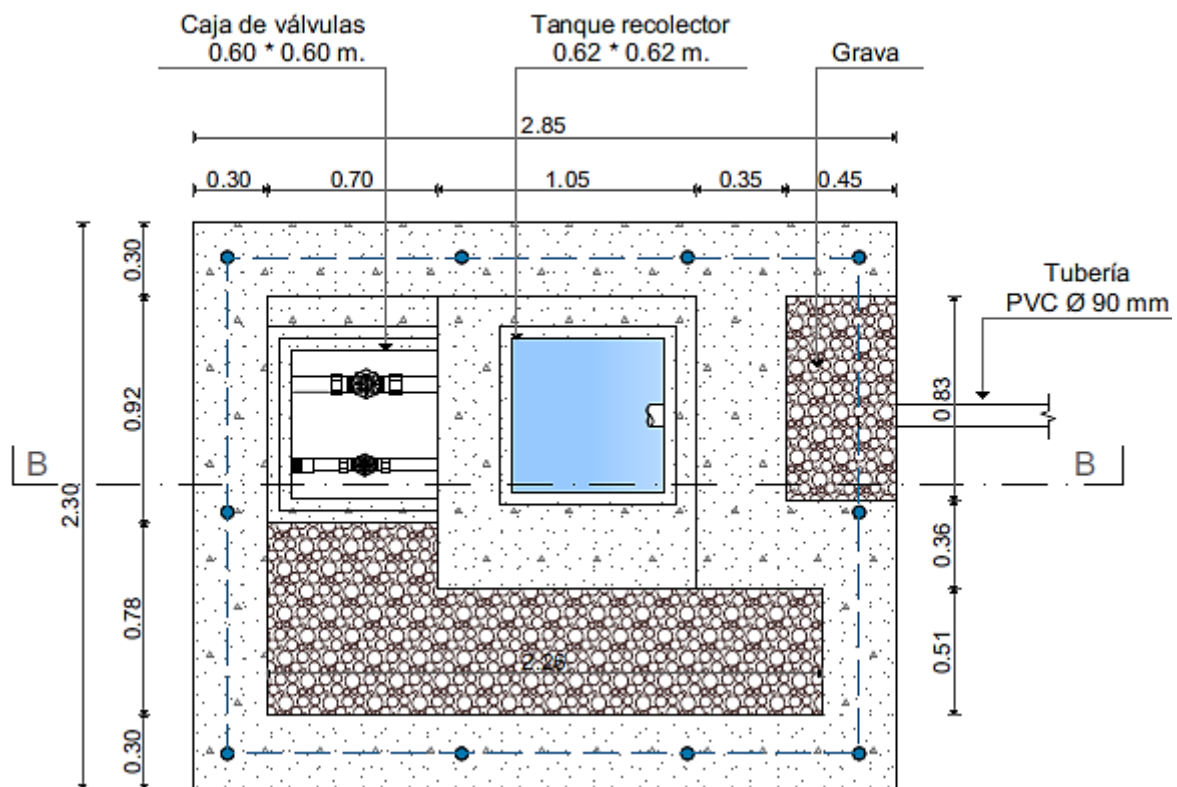


Figura 2-12 Vista en planta

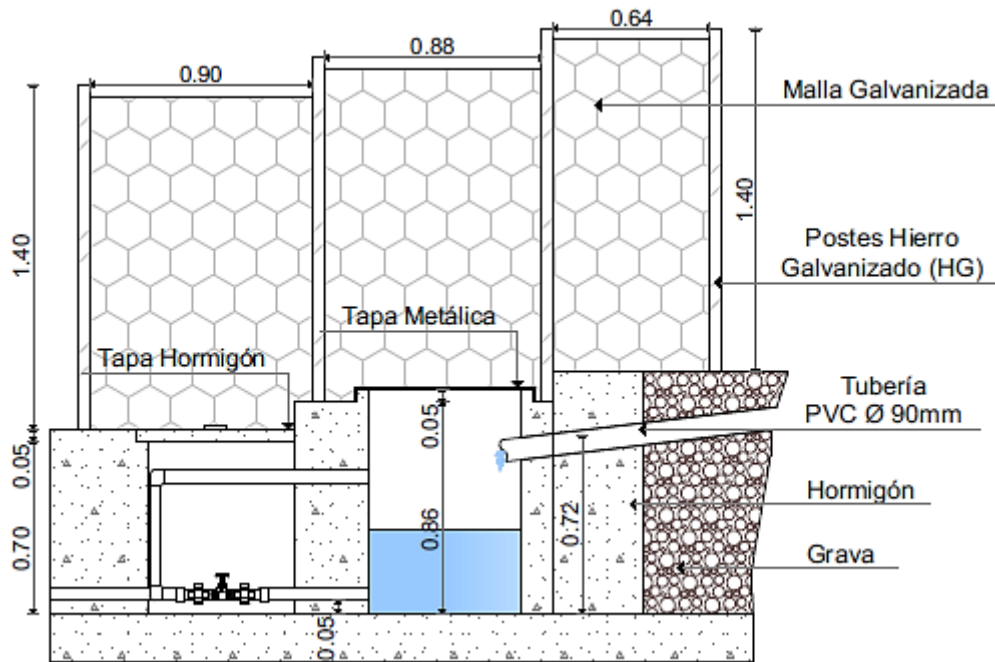


Figura 2-13 Vista del corte transversal B-B

• Captación Achupilla



Forma de captación	Drenes de PVC, Ø 90 mm
Afloramientos captados	10
Cota de la captación	3072 msnm

Coordenadas WGS84 – 17M	X = 737423 Y = 9672270
----------------------------	---------------------------

Estructuras internas de hormigón	Un tanque recolector para el agua captada en los drenes y en las captaciones Tari y Danzacocho Una caja de protección para válvulas y accesorios
Zona de emplazamiento de los drenes	Zona con mucha vegetación, Bosque Protector Aguarongo
Tubería de ingreso	Dos tuberías de PVC, una de Ø 90 mm y otra de Ø 63 mm
Mantenimiento	Un tubo de limpieza y uno de rebose de HG Ø 63 mm
Tubería de salida	Tubo de HG Ø 90 mm conectado a conducción de PVC Ø 90 mm
Válvulas de control	Válvula Ø 76 mm en la tubería de los drenes y en la conducción Válvula Ø 50 mm en el tubo de limpieza y en la conducción que viene del tanque de unión

Nota: Es la captación más cercana y la que más volumen de agua cruda aporta al sistema.

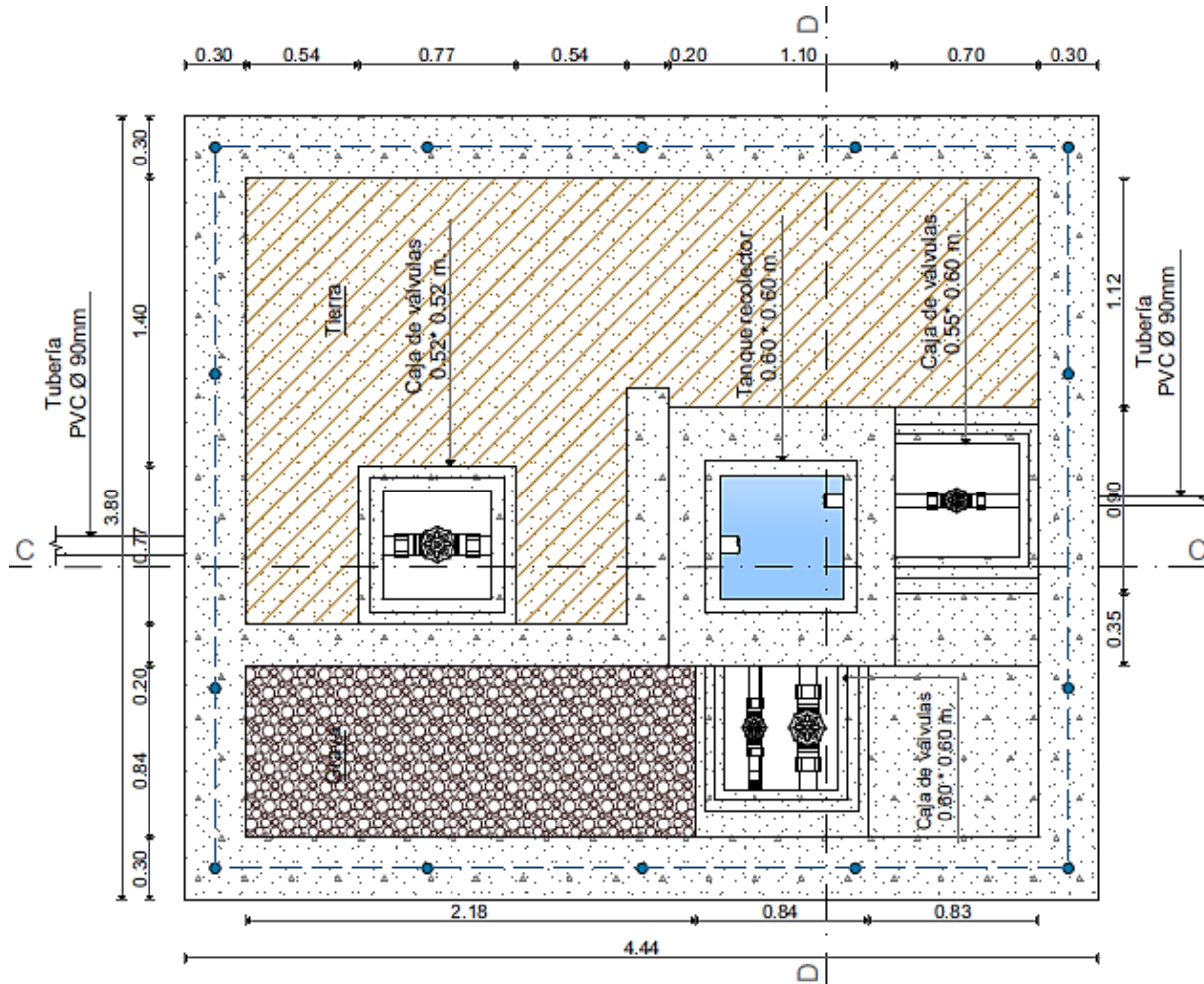


Figura 2-14 Vista en planta

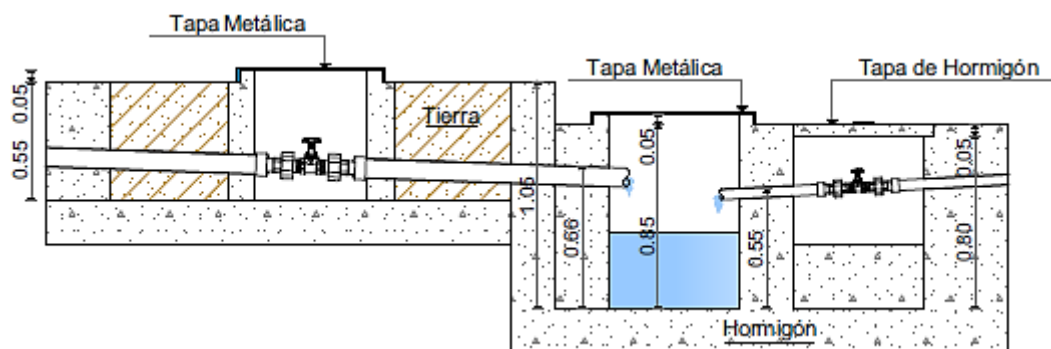


Figura 2-15 Vista del corte transversal C-C

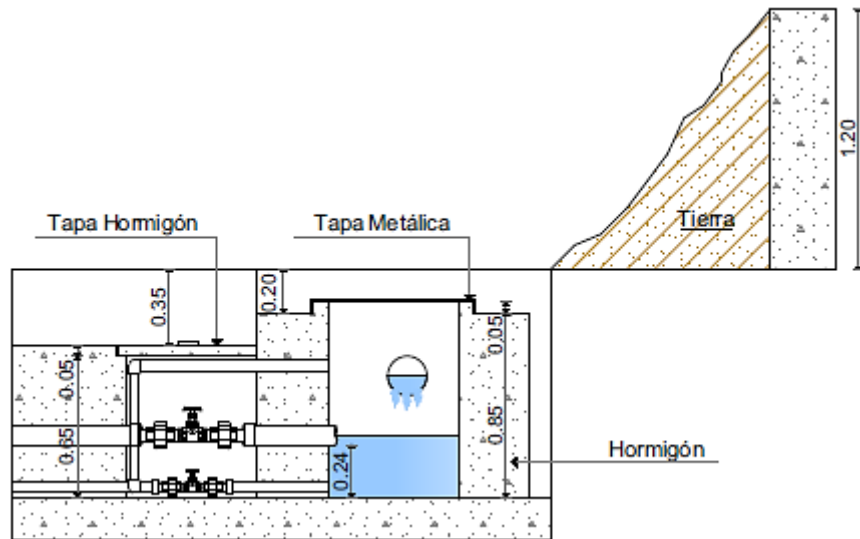


Figura 2-16 Vista del corte transversal D-D

2.3.2 Conducciones

El sistema tiene cuatro conducciones a gravedad, tres conducciones consideradas secundarias y una principal. Las conducciones secundarias están instaladas de la siguiente manera: captación Tari al tanque de unión mediante dos tuberías de PVC Ø 63 mm y Ø 40 mm, con una longitud de 1000 m cada una; captación Danzacochoa al tanque de unión mediante una tubería de PVC Ø 63 mm, con una longitud de 292 m y del tanque de unión a la captación Achupilla mediante una tubería de PVC Ø 90 mm y Ø 63 mm con longitudes de 500 m y 470 m respectivamente.

La conducción principal va desde la captación Achupilla a la planta de tratamiento, mediante una tubería de PVC Ø 90 mm con una longitud de 1638 m, ver Tabla 2-11. Esta conducción cuenta con la única válvula de purga de todo el sistema, está ubicado en las coordenadas 17M – X = 736447 – Y = 9672288 a una cota de 3011 msnm.

Tabla 2-11 Descripción de conducciones

Conducción	Material y diámetro de tubería	Longitud (m)
Tari - Tanque de unión	PVC Ø 63 mm	1000
Tari - Tanque de unión	PVC Ø 40 mm	1000
Danzacochoa - Tanque de unión	PVC Ø 63 mm	292
Tanque de unión - Achupilla	PVC Ø 90 mm	500
	PVC Ø 63 mm	470
Achupilla - Planta de tratamiento	PVC Ø 90 mm	1638
Total		4900

Fuente: Ing. Rubén Jerves, Consultor SAP Monjas – Gordeleg 2002

2.3.3 Planta de tratamiento

Se encuentra ubicado en la parte alta de la comunidad de Monjas, a una altura de 3032 msnm, dentro del área protegida del Bosque Protector Aguarongo, ver Figura 2-17. Sus coordenadas geográficas son WGS84 – 17M – X = 735953 – Y = 9672407. A continuación se describen los componentes de la planta de tratamiento.



Figura 2-17 Planta de tratamiento
Fotografía: Autor

- **Aerador de cascadas**

El sistema de aeración con vertederos triangulares cuenta con seis cascadas de 0.75 m x 0.35 m x 0.30 m de profundidad y una cámara de ingreso de 0.90 m x 0.60 m x 0.90 m de profundidad. El objetivo del aerador es disminuir la concentración de hierro y manganeso, mediante oxidación, elementos presentes en forma coloidal en el agua cruda captada. (Jerves, 2002).

Para regular el caudal que ingresa a la cámara del sistema de aeración se dispone de una válvula de 3" que está conectado a la línea de conducción de PVC Ø 90 mm. Para labores de mantenimiento la cámara de ingreso cuenta con un tubo de PVC de Ø 90 mm conectado al desagüe.

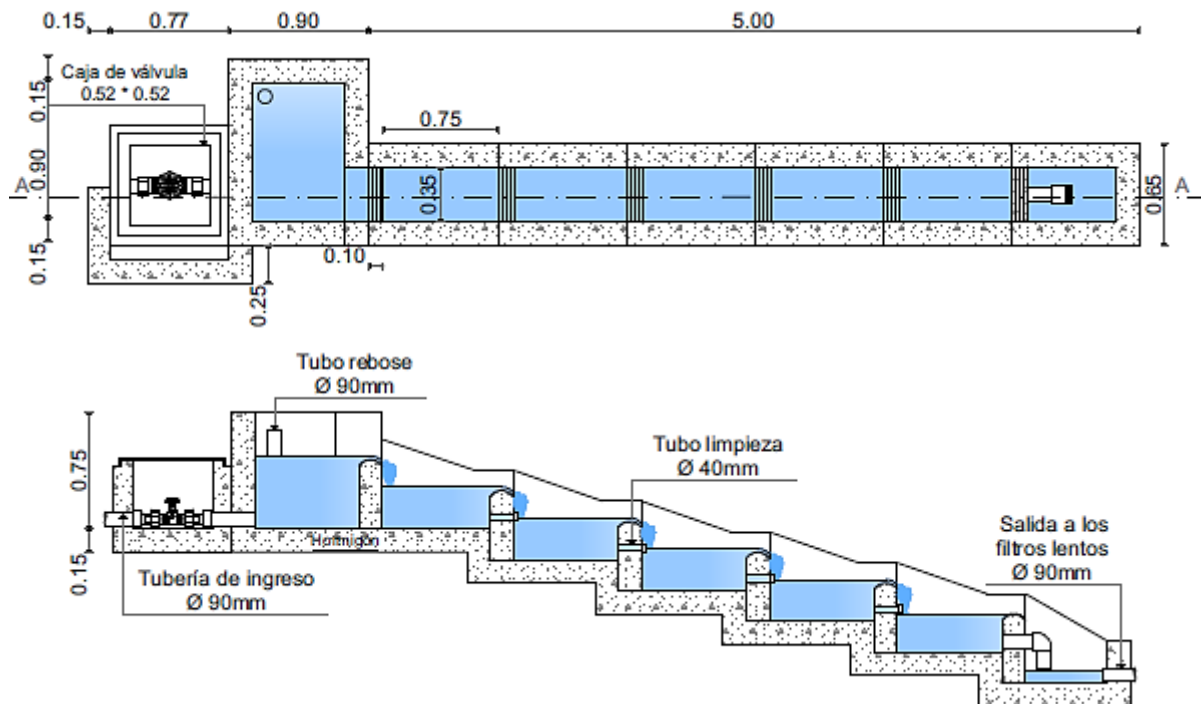


Figura 2-18 Vista en planta y corte del aerador

- **Filtros lentos**

En la planta de tratamiento, luego de la aeración pasa a los dos filtros lentos circulares (Ver Figura 2-17), contruidos en ferro cemento con un diámetro interno de 6.70 m, altura de 3 m y un grosor de pared de 0.18 m. El sistema de drenaje está constituido por 10 tuberías de PVC de \varnothing 63 mm con longitud variable que está conectado a un tubo de recolección de PVC de \varnothing 160 mm, esta tubería es de mayor diámetro para reducir las pérdidas de carga y facilitar la salida de agua. Los drenes de \varnothing 63 mm tienen perforaciones pares de \varnothing 8 mm cada 0.20 m (Jerves, 2002).

Los drenes están dentro de un soporte de tres capas de grava graduada ascendente, mayor a menor diámetro, más una capa de arena graduada. El medio filtrante tiene una altura aproximada de 1.20 m; la carga máxima sobre el lecho filtrante está controlado con un tubo de rebose de PVC \varnothing 110 mm. La salida del agua filtrada es mediante la tubería de PVC de \varnothing 160 mm que está conectado a un tanque recolector y luego mediante dos tubos de \varnothing 40 mm ubicados en la parte superior pasa a otro tanque recolector, antes de la desinfección en la cámara de cloración, ver Figura 2-19.

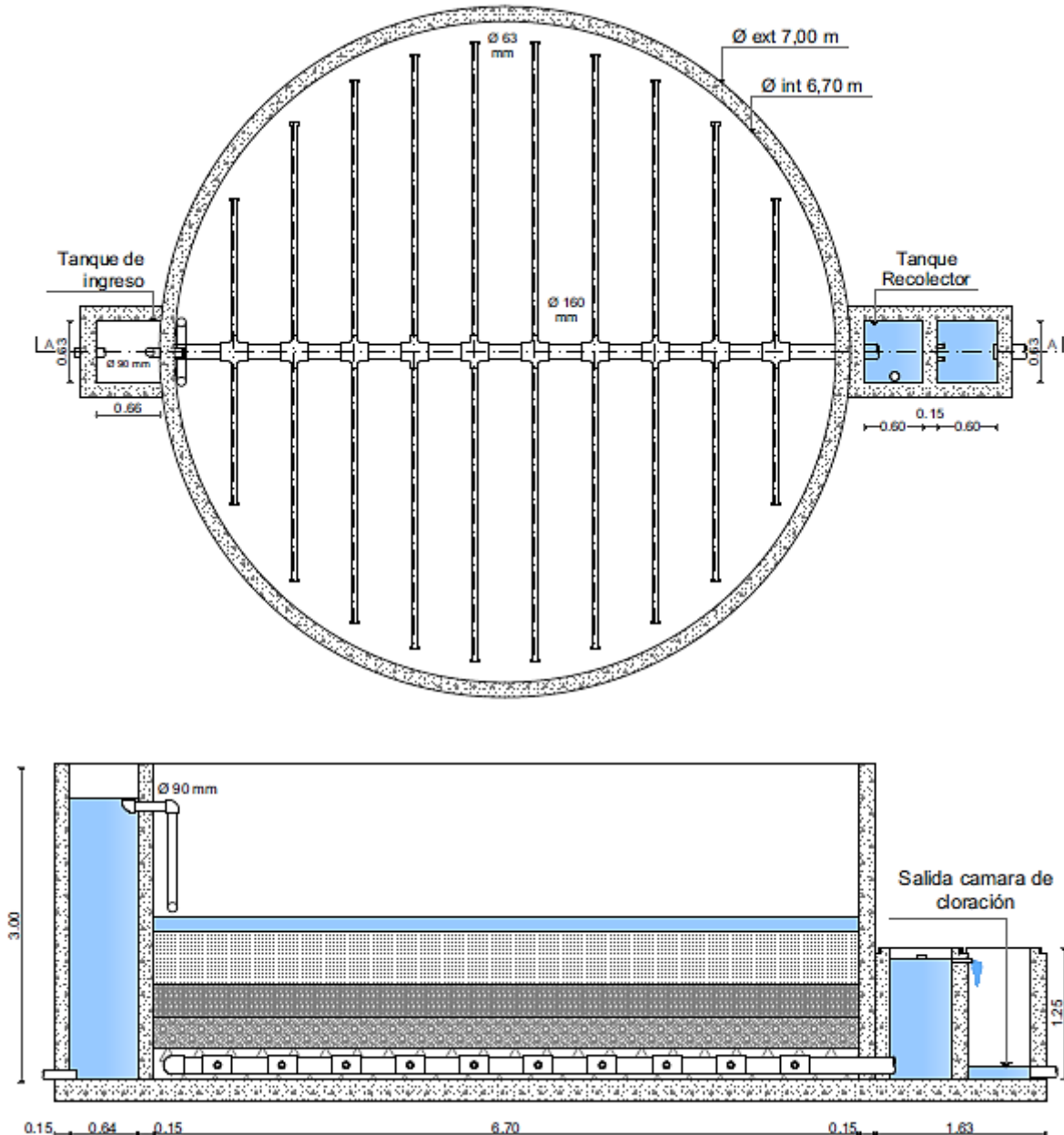


Figura 2-19 Vista en planta y corte del filtro lento

• Cámara de cloración

La cámara de contacto está constituida por 15 canales rectangulares de 0.20 m de ancho por 8,00 m de largo con una altura variable desde 0.20 m en el inicio a 0.75 m al final. Toda la cámara está tapada con losetas desmontables de hormigón de 0.08 m de espesor, las juntas entre cada loseta están protegidas con chova.

La cámara de ingreso tiene una tapa metálica, en buen estado (pintura conservada), que permite inspeccionar el contacto del cloro con el agua cruda, el ingreso y salida es mediante una tubería de PVC de Ø 90 mm, este último se conecta a la reserva.

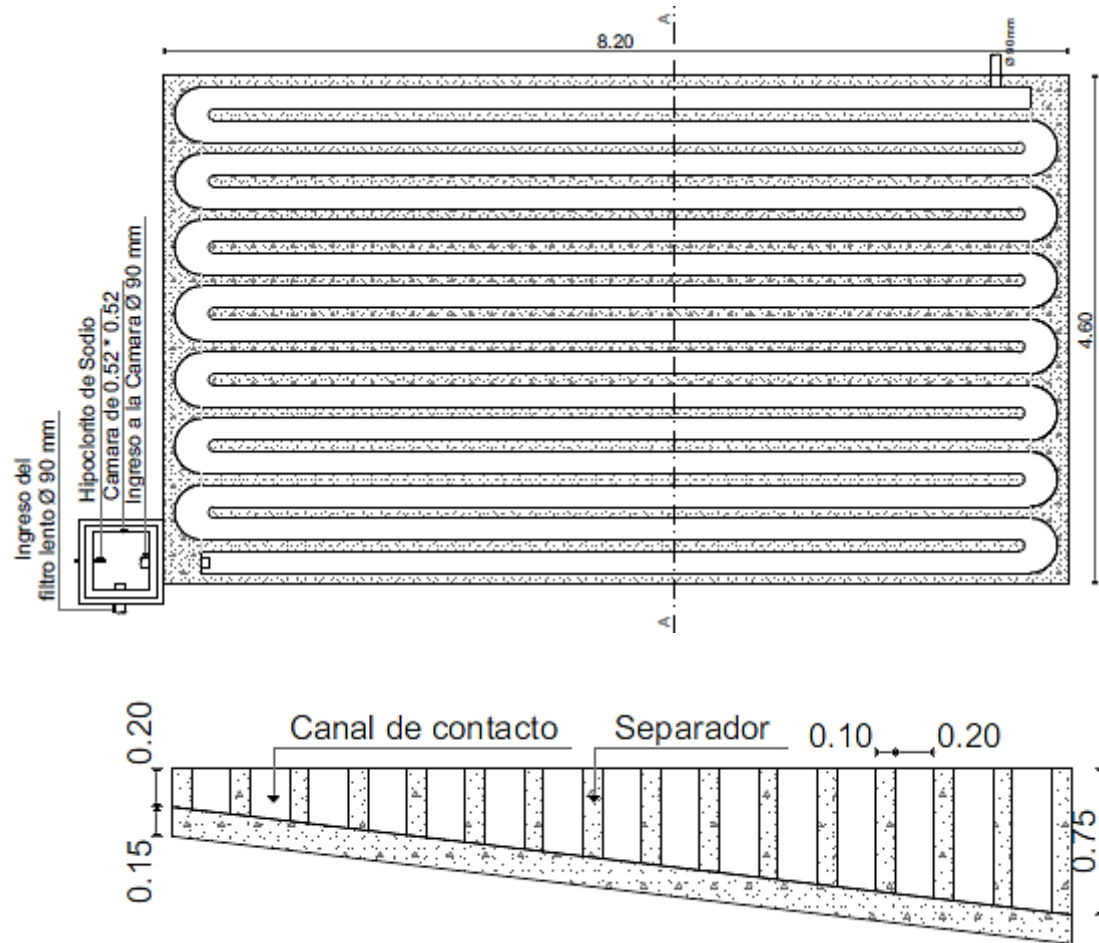


Figura 2-20 Vista en planta y corte de la cámara de cloración

- **Caseta de cloración**

Es una caseta de 3.50 m de largo por 2.60 m de ancho y 2.50 m de alto, en su interior está instalado un equipo de producción de hipoclorito de sodio mediante electrólisis de la salmuera, la cantidad de solución a ser aplicada se controla mediante un dosificador localizado en el interior del tanque de dilución. De esta unidad por medio de una tubería de 20 mm (1/2") se transporta la solución de cloro hacia la cámara de cloración, en donde se adicionada por goteo.

2.3.4 Tanque de reserva

El sistema cuenta con tres tanques de reserva contruidos en hormigón ciclópeo proporcionando una capacidad total de 125 m³ de almacenamiento; de las cuales la reserva principal de 100 m³ construido de forma rectangular, está ubicado en el predio de la planta de tratamiento.

La segunda reserva de 15 m³ es un tanque rectangular ubicado en la comunidad de Bellavista a una altitud de 2979 msnm, sus coordenadas geográficas son 17M – X = 733356 – Y = 9673867, abastece a las comunidades de Bellavista y el centro de Gordeleg.

La tercera reserva de 10 m³ es un tanque circular tiene una tapa en forma de cúpula, ubicado en Bellavista a una altitud de 2984 msnm, sus coordenadas geográficas son 17M – X = 733102 – Y = 9673554, abastece a las comunidades de Chilla y Gordeleg.

2.3.5 Redes de distribución

En la planta de tratamiento inicia la red principal, luego se divide en subredes para abastecer a las diferentes comunidades. A continuación se indica de forma breve como está constituido cada una de las redes.

- Una subred abastece al centro y sectores aledaños de Monjas. La red principal abastece al tanque de reserva cilíndrico de 10 m³ ubicado en Bellavista.
- En la reserva de 10 m³ inicia la red para Bellavista. Esta red también abastece al tanque de reserva rectangular de 15 m³ ubicado en el centro de Bellavista. La red de Chilla inicia en la red principal que viene de Monjas al tanque de reserva cilíndrico de 10 m³.
- La red de Gordeleg es la más extensa y cuenta con la mayor cantidad de TRP (tanque rompe presiones), debido al gran desnivel en la superficie, la diferencia entre cota de inicio y final de la red es de 440 m aproximadamente.
- **Elementos complementarios del sistema de distribución**

La red cuenta con 37 TRP, son cámaras cuadradas de 0.80 m de 0.75m de profundidad. El ingreso del caudal está controlado por una válvula flotadora, para mantenimiento existe un tubo de limpieza con válvula de control y un tubo para rebose.

En la red existen 9 válvulas de aire; 3 en la red de Monjas y 6 en las redes de Bellavista, Chilla y Gordeleg. Las 3 válvulas de Monjas están protegidas con una caja cuadrada de 0.60 m de 0.80 m de profundidad más una tapa metálica y las otras 6 válvulas están protegidas por tubos de hormigón de Ø 300 mm.

Capítulo 3 Metodología

3.1 Levantamiento Topográfico

La información topográfica del SAP Monjas - Gordeleg, se basa en los estudios realizados por la consultoría del año 2002. Previo al uso del levantamiento topográfico, se realizó una comprobación en campo mediante georeferenciación (cota, ubicación) más un levantamiento planimétrico de los diferentes puntos de referencia que son parte importante para evaluar las condiciones hidráulicas. En la georeferenciación se utilizó un GPS de la marca GARMIN, modelo OREGON 600. El plano topográfico y la ortofoto fue digitalizada en AutoCad Civil 3D y ArcGIS, respectivamente. A continuación se indican los puntos de referencia:

- En las conducciones: son las tres captaciones y el tanque de unión. El levantamiento topográfico de la consultoría corresponde a las conducciones: Tari - Tanque de unión, Danzacocha - Tanque de unión, Tanque de unión - Achupilla y Achupilla a la Planta de tratamiento.
- En las redes de distribución son: la planta de tratamiento, tres tanques de reserva, 37 tanques rompe presiones y las 9 válvulas de aire.

3.2 Proyección de población

Las proyecciones están en función de tres componentes que provocan cambios a lo largo del tiempo: nacimientos, defunciones y migración. Dichos componentes crean dos procesos dinámicos en una población. El primer proceso introduce nuevos individuos a la población, donde intervienen la natalidad y la inmigración. El segundo proceso excluye individuos de la población, donde intervienen la mortalidad y la emigración. Las relaciones entre estos dos procesos, provoca que el tamaño de la población esté expuesto a cambios (Torres-Degró, 2011).

Sin embargo, una tasa de crecimiento poblacional puede ser estimada suponiendo un cierto patrón preestablecido. Los análisis más utilizados en proyecciones parten del supuesto que la población sigue cierto modelo matemático. Generalmente se consideran tres modelos básicos: aritmético, geométrico y exponencial.

Por ello estimar el número de habitantes para un sistema de agua potable, constituye un factor importante del proyecto, debido a que intervienen una serie de obras civiles que no se diseñan para satisfacer sólo una necesidad momentánea, sino que deben

garantizar el funcionamiento de todas las obras del sistema durante el período de diseño escogido (INEN, 1992, p. 40).

3.2.1 Período de diseño

Se puede definir como el intervalo de tiempo, en el cual las diferentes obras de un sistema de agua potable cumplen su función satisfactoriamente, sin necesidad de ampliaciones o modificaciones.

Las obras civiles de los sistemas de agua potable recomiendan diseñarlas para períodos de 20 a 30 años, pero no menores a 15 años (INEN, 1992, p. 41). Determinar ese tiempo de factibilidad o funcionalidad, requiere una serie de factores que deben ser evaluados como: durabilidad de las instalaciones, factibilidad de construcción, posibilidades de ampliación, tendencias de crecimiento de la población y posibilidades de financiamiento (Arocha Simon, 1980).

En la Tabla 3-1 se indica el tiempo de vida útil de los diferentes componentes de un sistema de abastecimiento de agua. El sistema de agua potable Monjas – Gordeleg, tiene un período de diseño de 20 años, tomando como año base el 2002, por lo tanto en teoría su vida útil terminaría en el año 2022.

Tabla 3-1 Vida útil sugerida para las obras de un SAP

Componentes	Vida Útil (Años)
Obras de captación	25 - 50
Conducción de asbesto cemento o PVC	20 - 30
Planta de tratamiento	30 - 40
Tanques de almacenamiento	30 - 40
Tuberías principales y secundarias de la red	20 - 25

Fuente: CEC – Norma 10.07-602

3.2.2 Población actual

De la información obtenida en las encuestas, el SAP Monjas – Gordeleg actualmente está abasteciendo a 1361 habitantes, distribuido en 1156 habitantes permanentes y 205 habitantes flotantes. (Ver Tabla 2-4)

3.2.3 Población futura

La población futura se determina mediante modelos matemáticos de proyección. Para calcular relativamente la cantidad de habitantes en las comunidades Bellavista, Chilla,

Gordeleg y Monjas al final del periodo de diseño, se aplicará el modelo Aritmético, Geométrico y Correlación. El método de correlación se aplicará a la información base, correspondiente a la población total y tasas de crecimiento demográficas de la parroquia Zhidmad. En la Tabla 3-2 se muestra la información registrada en el transcurso de los censos de 1990, 2001 y 2010 en la parroquia Zhidmad.

Tabla 3-2 Población por censos - parroquia Zhidmad

Año del censo	Hombre	Mujer	Total	Tasa de crecimiento geométrico	
				1990 - 2001	2001 - 2010
1990	957	1187	2144		
2001	1003	1189	2192	0.20 %	2.50 %
2010	1216	1529	2745		

Fuente: INEC

3.2.3.1 Método aritmético

También conocido como tasa de crecimiento lineal. El supuesto básico del método es considerar que la población crece en la misma cantidad cada unidad de tiempo considerado. Analíticamente representa cambios constantes de población. Es aconsejable para períodos cortos de tiempo no mayores a los 5 años.

$$Pf = Pa * (1 + r * n)$$

Donde:

Pf = Población futura (hab)

Pa = Población actual (hab)

r = Tasa de crecimiento anual aritmético (%)

n = Distancia en tiempo entre dos poblaciones de referencia

3.2.3.2 Método Geométrico

Mediante este método, se asume que el crecimiento de la población es proporcional al tamaño de ésta. A diferencia del método anterior, considera constante el porcentaje de crecimiento por unidad de tiempo y no la cantidad por unidad de tiempo, por lo tanto, se puede usar para períodos largos (Torres-Degró, 2011, p. 6).

$$Pf = Pa * (1 + r)^n$$

Donde:

Pf = Población futura (hab)

Pa = Población actual (hab)

r = Tasa de crecimiento anual geométrico (%)

n = Distancia en tiempo entre dos poblaciones de referencia

3.2.3.3 Método de correlación

El método se utiliza cuando se tiene un censo registrado de una área (las 4 comunidades servidas por el SAP Monjas - Gordeleg) y una región (parroquia Zhidmad), la tasa de crecimiento es calculada con la región que contiene al área. Por ello el método se basa en una relación, entre el área de estudio y la proyección de la región con los datos del último censo.

$$P_2 = P_{2p} * \frac{P_1}{P_{1p}}$$

Donde:

P_2 = Población a proyectar en la área de estudio

P_{2p} = Población proyectada en la región, final del período de diseño

P_1 = Población actualizada en una área de estudio (encuesta)

P_{1p} = Población proyectada en la región, a la fecha del estudio

3.2.4 Cálculos de las proyecciones

El INEC publicó oficialmente proyecciones de población hasta nivel cantonal. A niveles menores (parroquias) por los cambios constantes en el tamaño, distribución y movilidad de la población ocasionan que cualquier estimación carezca de certeza y solamente sirva como un marco de referencia (SEMPLEDES, 2013). Se tomará los datos de censos de población realizados en la parroquia Zhidmad, para obtener la tasa de crecimiento promedio de la parroquia, el cual se utilizará en la proyección de los habitantes beneficiarios del sistema de agua. (Ver Tabla 3-3)

Tabla 3-3 Tasas de crecimiento en la parroquia Zhidmad

Período	Número de años (n)	Poblacional inicial (Po)	Población final (Pf)	Incremento poblacional	T. Crecimiento Geométrico (r) %	T. Crecimiento Aritmético (r) %
1990 - 2001	11	2144	2192	48	0,20	0,20
2001 - 2010	9	2192	2745	553	2,53	2,80
1990 - 2010	20	2144	2745	601	1.24	1.40
Tasa de crecimiento promedio					1,33	1,47

Fuente: INEC

En base a los datos mostrados en la Tabla 3-3, la población proyectada mediante los diferentes modelos matemáticos se muestran en la Tabla 3-4.

Tabla 3-4 Proyección poblacional en las comunidades servidas por el SAP Monjas - Gordeleg

Año	Proyección realizada por consultoría ¹		Proyección realizada por autor ²			
	Método Geométrico	Método Aritmético	Método Geométrico	Método Aritmético	Método de correlación ³	
					Método Geométrico	Método Aritmético
2002	1031	1031	-----	-----	-----	-----
2016	1186	1176			1361*	
2022	1259	1051	1472	1481	1472	1471

Notas:

¹ Tasa de crecimiento asumida por la consultoría es del 1%, según normas IEOS.

² Tasa de crecimiento del método geométrico y aritmético, es 1,33% y 1,47% respectivamente.

³ Método de correlación, se utilizó los resultados de las proyecciones aritméticas y geométricas de la parroquia Zhidmad.

* Población actual (2016), de acuerdo a la información obtenida en las encuestas.

Elaboración: Autor

En la Figura 3-1, se muestran las curvas de proyección poblacional de los métodos expuestos. Los tres métodos proyectan poblaciones semejantes, para el proyecto de evaluación se va a considerar el método geométrico, debido al fundamento matemático, los resultados son más confiables comparando con los otros métodos expuestos, permitiendo dejar un rango de seguridad en caso de posibles variaciones de crecimiento. Por lo tanto la población futura al año 2022 será de 1472 habitantes.

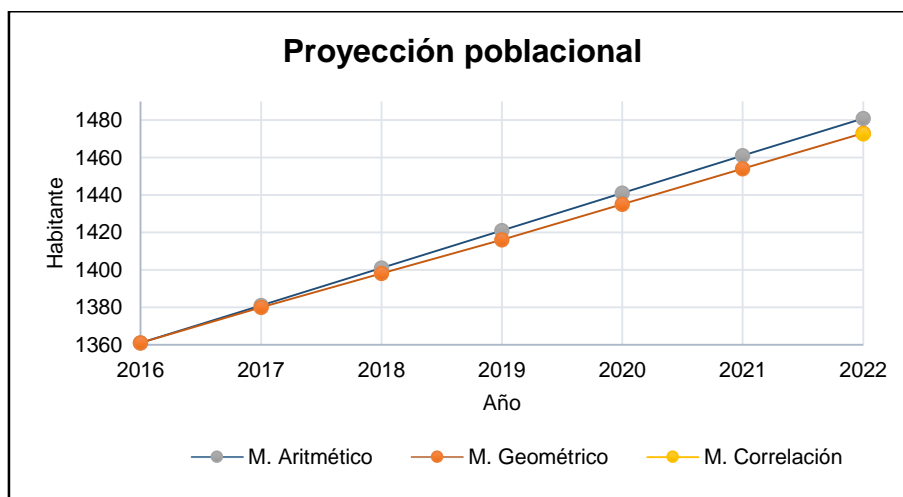


Figura 3-1 Curvas de estimación poblacional
Elaboración: Autor

3.3 Aforos en las captaciones

El aforamiento es la medición del volumen de agua en un tiempo determinado. Con la finalidad de estimar los caudales de captación, se aforó en los tanques recolectores de cada captación Tari, Danzacochoa y Achupilla. Para determinar la capacidad en las fuentes se realizan los aforos en períodos representativos de acuerdo al tipo de clima

que se presente en la zona, por ello cabe mencionar que los aforos se realizaron en los meses de junio a septiembre, correspondiente al período de verano en la zona.

Procedemos a utilizar el método más práctico en los proyectos de abastecimiento de agua en zonas rurales, método volumétrico, utilizado para calcular caudales pequeños hasta un máximo de 10 l/s (Pittman, 2003). Dicho método consiste en tomar el tiempo que demora en llenarse un recipiente de volumen conocido. Posteriormente, se divide el volumen entre el tiempo promedio, obteniéndose el caudal. (Ver Tabla 3-5)

$$Q = V/t$$

Donde:

Q = Caudal en l/s

V = Volumen del recipiente en litros (l)

t = Tiempo promedio en segundos (s)

Tabla 3-5 Resultados del aforamiento

Fecha	Captación			Caudal total aforado (l/s)	Condiciones climáticas	
	Tari (l/s)	Danzacocha (l/s)	Achupilla (l/s)		Días anteriores	Día del aforo
16-jun-16	0,88	0,65	1,07	2.60	Leves precipitaciones	Soleado
05-ago-16	0,79	0,59	1,02	2.40	Sin precipitaciones	Nublado
14-sep-16	0.66	0.50	0.95	2.11	Sin precipitaciones	Soleado

Elaboración: Autor

En la tabla anterior, los caudales mínimos aforados fueron el 14 – sep – 16 con: 0.66, 0.50, 0.95 l/s en las captaciones Tari, Danzacocha y Achupilla, respectivamente. Según el operador el caudal de ingreso en verano no es inferior a los 2 l/s.

3.4 Dotaciones

Es la cantidad de agua asignada a cada habitante, en promedio, para satisfacer las necesidades básicas de la población (CONAGUA, 2007). Considerando los consumos relacionados con el servicio doméstico, comercial, industrial, públicos, más las pérdidas físicas de agua; las unidades de expresión es litros/habitante/día (l/hab/día).

Estimar la cantidad de agua requerida, es necesario determinar la información del número de habitantes que serán servidos y su consumo por persona, junto con un análisis de los factores que pueden afectar directamente al consumo, entre las que sobresalen son: presión en la red, intermitencia del servicio, condiciones

socioeconómicas, clima, existencia de alcantarillado sanitario, precio del agua, hábitos de consumo y la finalidad del uso del agua.

3.4.1 Dotación básica

Es la cantidad mínima de agua requerida para satisfacer las necesidades básicas de un habitante (Jerves, 2002). En función de los niveles de servicio indicados en la Tabla 3-6, se define que el nivel de servicio IIb es el más viable para el presente proyecto. Si no se podría calcular la dotación media actual se trabajaría con la dotación básica.

Tabla 3-6 Dotaciones de agua para los diferentes niveles de servicio

Nivel	Sistema	Descripción	Clima frío (l/hab/día)	Clima cálido (l/hab/día)
0	AP	Sistemas individuales. Diseñar de acuerdo a las disponibilidades técnicas, usos previstos del agua, preferencias y capacidad económica del usuario	-----	-----
Ia	AP	Grifos públicos	25	30
Ib	AP	Grifos públicos más unidades de agua para el lavado de ropa y baño	50	65
IIa	AP	Conexiones domiciliarias, con grifo por casa	60	85
IIb	AP	Conexiones domiciliarias, con más de un grifo por casa	75	100

Nota:
Simbología utilizada: AP = Agua potable

Fuente: CPE– Norma 10.07-602 (INEN, 1997)

Cuando hay carencia de información, es viable acudir a las normas técnicas de diseño del país para estimar una dotación relativa o básica. En la Tabla 3-6 se muestran las dotaciones básicas recomendables más no limitativas, para el consumo doméstico de una determinada población de acuerdo al nivel de servicio que corresponda. Las comunidades beneficiarias del sistema de agua pertenecen al sector rural, de acuerdo al nivel de servicio IIb elegido, correspondería una dotación de 75 (l/hab/día).

3.4.2 Dotación media actual

Es la cantidad de agua potable consumida diariamente, en promedio, por cada habitante en la actualidad. Para hallar la dotación media actual de los 1361 habitantes, se utilizó los registros de los consumos mensuales de cada abonado, que va desde junio 2015 hasta junio 2016. En la Tabla 3-7, se indica las diferentes dotaciones medias actuales calculadas a partir de los consumos promedios mensuales.

$$D_{\text{med act}} = \frac{Q_{\text{medmes}} * 1000}{N_{\text{hab}} * 30}$$

Donde:

$D_{med\ act}$ = Dotación media actual (l/ hab/día)

Q_{medmes} = Consumo medio por mes (m3/mes)

N_{hab} = Número de habitantes servidos actualmente

Tabla 3-7 Dotación media actual

Tipo	Descripción del tipo de consumo promedio mensual	Total del consumo promedio mensual (m3/mes)	Dotación media actual (l/hab/día)
A	Consumo promedio mensual de todos los abonados	3173	77.72
B	Consumo promedio mensual, sin tomar en cuenta los consumos mayores a 25 m3/mes *	2719	66.59
C	Promedio entre A y B	2946	72.16 **

Notas:

* Se tomó como referencia los consumos menores o iguales a 25 m3/mes, porque corresponde el 96% del consumo de los abonados.

** Dotación asumida para la evaluación hidráulica.

Elaboración: Autor

Con el objetivo de asumir una dotación media actual adecuada, se hace referencia a los datos encuestados en la “Figura 2-6 Calidad de servicio en el SAP Monjas – Gordeleg” pág. 24 y “Tabla 2-10 Tarifas por consumo” pág. 28. Sobre la calidad de servicio se obtuvo los siguientes porcentajes de aceptabilidad: calidad 96% (305 abonados), continuidad 97% (308 abonados) y presiones en los grifos 82% (261 abonados). Con los datos obtenidos en la Figura 3-2 se determina que el 58.68% pagan 2 dólares al mes y el 37.12% no paga más de 8 dólares al mes.

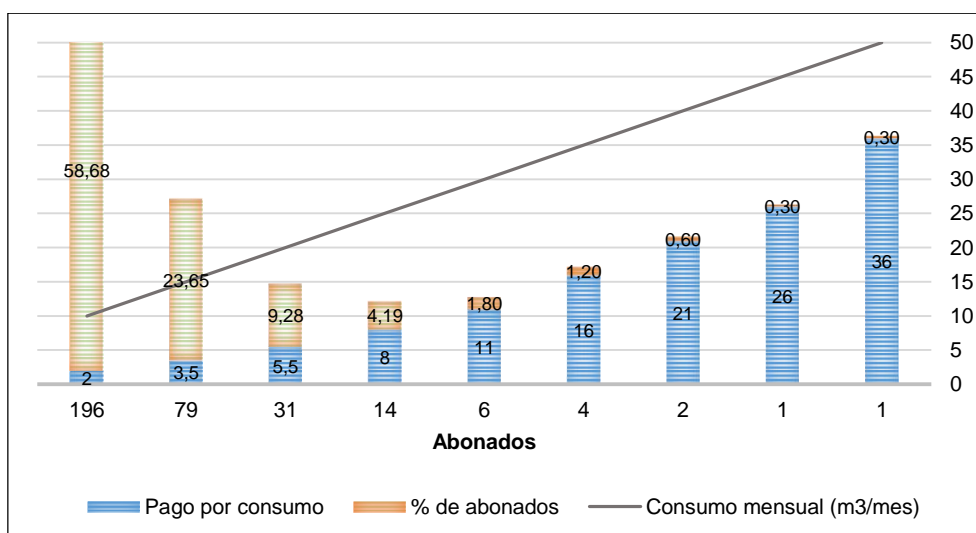


Figura 3-2 Pago por consumo vs Porcentaje de abonados

Elaboración: Autor

Se concluye que el 96% (320) de los abonados consumen hasta 25 m³ mensuales, por ese consumo los pagos no superan los 8 dólares mensuales. Por lo cual será adecuado una dotación media actual de:

$$D_{\text{med act}} = 73 \text{ l/hab/día}$$

3.4.3 Dotación media futura

Cantidad de agua potable consumida diariamente, en promedio, por cada habitante al final del período de diseño (Calle & Mejia, 2008). Según la consultoría del proyecto Monjas – Gordeleg, año 2002, consideró las recomendaciones dadas por el CEPIS, que el consumo incrementará anualmente 1 l/hab/día.

$$D_{\text{med fut}} = D_{\text{med act}} + (1 \text{ l/hab/día}) * n$$

Donde:

$$D_{\text{med fut}} = \text{Dotación media futura (l/ hab/día)}$$

$$D_{\text{med act}} = \text{Dotación media actual (l/ hab/día)}$$

$$n = \text{Número de años del período de diseño}$$

Llegando al final del periodo de diseño, año 2022, a un consumo de:

$$D_{\text{med fut}} = 79 \text{ l/hab/día}$$

3.5 Cálculo de caudales de consumo

Para que el suministro de agua sea adecuado en las comunidades, es necesario que cada uno de los componentes del sistema satisfaga las necesidades reales de la población; de tal forma que las variaciones de consumo, no desarticulen todo el sistema sino que permita dar un abastecimiento de agua eficiente y continuo. Por ello es importante anotar que los consumos de una localidad no son constantes durante todo el año, existen variaciones de consumo que deben considerarse en la evaluación.

De esta manera, durante una semana cualquiera de forma cíclica, ocurren variaciones diarias de consumo. Pero si tomamos un día cualquiera, también ocurren variaciones hora a hora, mostrándose picos de consumo. Entonces para suplir los consumos máximos, se debe calcular el consumo máximo diario y máximo horario, aplicando los coeficientes de mayoración diaria y horaria al caudal medio diario. (Idrovo, 2015).

3.5.1 Caudal medio diario

Es el consumo promedio que realiza la población de las comunidades durante un día, incluyendo las fugas. (Ver Tabla 3-8)

$$Q_{md} = \frac{f * P_d * D_{med \ act}}{86400}$$

Donde:

Q_{md} = Caudal medio diario (l/s)

f = Factor de corrección por fugas

P_d = Población de diseño (hab)

$D_{med \ act}$ = Dotación media actual (l/ hab/día)

Según el nivel de servicio que tienen las comunidades, se establece un factor de corrección por pérdidas y fugas del 20%.

Tabla 3-8 Caudal medio diario

	Población	Dotación l/hab/día	Caudal medio diario (Qmd) l/s
P. actual 2016	1361	73	1,38
P. futura 2022	1473	79	1,62

Elaboración: Autor

3.5.2 Caudal máximo diario

Es el consumo máximo que se presenta en un día del año durante el periodo de 365 días. Se calcula con la siguiente expresión:

$$QMD = KMD * Q_{md}$$

Donde:

QMD = Caudal máximo diario (l/s)

KMD = Coeficiente de mayoración máximo diario

Q_{md} = Caudal medio diario (l/s)

El valor del coeficiente depende básicamente de las condiciones climáticas (lluvias) durante el año. Al no haber registros diarios de consumo, se analizaron los consumos mensuales del total de abonados; la relación entre el máximo mensual (3805 m³/mes) y el promedio mensual (3173 m³/mes) da un valor de 1,20. El valor es semejante al 1.25 recomendado en la norma para el área rural. Por lo cual se asume un coeficiente $KMD = 1,25$. (Ver Tabla 3-9)

Tabla 3-9 Caudal máximo diario

	Coefficiente KMD	QMD l/s
Actual (2016)	1,25	1,73
Futuro (2022)		2,03

Elaboración: Autor

3.5.3 Caudal máximo horario

Es el consumo máximo que se presenta en una hora del día de máximo consumo (Arocha Simon, 1980); durante el período de 24 horas. Se calcula con la siguiente expresión:

$$QMH = KMH * Q_{md}$$

Donde:

QMH = Caudal máximo horario (l/s)

KMH = Coeficiente de mayoración máximo horario

Q_{md} = Caudal medio diario (l/s)

La variación del caudal horario fluctúa entre el 200% al 300% al caudal medio diario (Q_{md}). En localidades pequeñas el valor tiende al límite superior, en razón de la menor o nula actividad comercial, industrial (Arocha Simon, 1980, p. 20). En base a la teoría indicada y a lo recomendado en la norma para el área rural, se asume un coeficiente $KMH = 3$. (Ver Tabla 3-10)

Tabla 3-10 Caudal máximo horario

	Coefficiente KMH	QMH l/s
Actual (2016)	3	4,14
Futuro (2022)		4,86

Elaboración: Autor

3.6 Caracterización del agua

Determinar las características de calidad del agua mediante parámetros físicos, químicos y microbiológicos en una determinada zona, es importante, debido a la presencia de muchos compuestos en estado coloidal o disueltos que provienen de las diversas fuentes naturales; tales como: estratos geológicos (composición química de las rocas), factores ambientales (ciclo hidrológico), bioquímicos (asociado al ciclo de las plantas, animales macro y microscópicos). También por factores externos, como la contaminación ocasionada por las actividades humanas.

- **Calidad del agua**

La evaluación de la calidad del agua se realiza mediante una serie de análisis de laboratorio dirigidos a conocer cuantitativamente, los parámetros físicos, químicos y bacteriológicos más importantes que pueden afectar, su uso real y potencial (OPS/CEPIS, 1996). Por ello, el principal objetivo de cuantificar los parámetros de calidad, es garantizar un consumo de agua libre de: sustancias tóxicas y microorganismos patógenos.

Las exigencias en los parámetros de calidad del agua, pueden ser cumplidas, dependiendo del uso específico que se quiera dar. El agua destinada al consumo humano debe cumplir con la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 1108 – Quinta revisión 2014, en el cual están establecidos los límites máximos permitidos de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos.

- **Toma de muestras**

Para analizar la calidad del agua se realizaron muestreos en verano y en invierno; los análisis de las muestras se realizaron en el laboratorio de Sanitaria de la Universidad de Cuenca. Los puntos de muestreo fueron:

- Agua cruda

En cada captación (Tari, Danzacocha, Achupilla)

Entrada a la planta de tratamiento

Salida de los 2 filtros lentos (una muestra por cada filtro)

- Agua clorada

Tanque de reserva de la planta de tratamiento

Tres puntos de la red: escuelas de Monjas, Bellavista y un abanado en Gordeleg.

3.6.1 Calidad del agua en la captación y distribución

3.6.1.1 Análisis Físico

Las características físicas pueden impresionar fácilmente los sentidos del público consumidor, esto tiene incidencia directa en las condiciones estéticas y de aceptabilidad del agua. Sin embargo, tiene menor importancia desde el punto de vista sanitario (OPS/CEPIS, 1996, p. 17), los parámetros analizados son:

- Turbiedad
- Color aparente
- Color real

3.6.1.2 Análisis Químico

El agua, por sus características químicas de enlace se convierte en un excelente disolvente universal de muchos compuestos orgánicos e inorgánicos. Por ello es necesario saber qué parámetros químicos es posible encontrar y si tiene alguna incidencia en la salud humana (Reascos & Yar, 1987, p. 9).

Ciertos contaminantes químicos presentes en el agua de consumo son potencialmente peligrosos para la salud, sólo después de una exposición prolongada (durante años), y no por una exposición breve. Excepto el caso cuando las sustancias se vierten o filtran de forma esporádica a corrientes de agua superficiales o subterráneas (OMS, 2004, p. 127). Los parámetros analizados son:

- PH
- Alcalinidad total
- Alcalinidad F.
- Dureza total
- Ca⁺⁺
- Mg⁺⁺
- Aluminio
- Hierro total
- Taninos y ligninas
- Manganeseo
- Cobre
- Silicio
- Cloruros
- Sulfatos
- N. Nitritos - Nitratos

3.6.1.3 Análisis Bacteriológico

La calidad microbiológica del agua puede variar rápidamente y en gran medida. La contaminación bacteriológica alerta de la posible presencia de bacterias patógenas, virus (hepatitis), protozoos (amebas), helmintos (gusanos intestinales), entre otros;

eso aumenta los riesgos de enfermedades (brotes o epidemias) transmitidas por el agua (OMS, 2004, p. 108).

El principal riesgo para encontrar microorganismos patógenos en el agua, es la contaminación fecal proveniente de heces humanas, de animales calientes o de aguas residuales. Por ello desde el punto de vista sanitario determinar la concentración de la bacteria *Escherichia Coli*, es más útil, pues es un indicador efectivo de la contaminación fecal. Los parámetros analizados son:

- Coliformes totales
- Coliformes fecales (*Escherichia coli*)

3.7 Norma nacional de calidad del agua

La “Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes recurso de Agua” del Anexo 1 del libro VI del TULAS, establece los criterios de calidad del agua captada para consumo humano y uso doméstico (TULAS, 2015, p. 13).

La norma técnica ecuatoriana INEN 1108 “Agua Potable, Requisitos” - Quinta revisión 2014, establece los límites de concentración de elementos y compuestos que debe cumplir el agua potable para consumo humano.

3.7.1 Resultados de los análisis en laboratorio

3.7.1.1 Captaciones

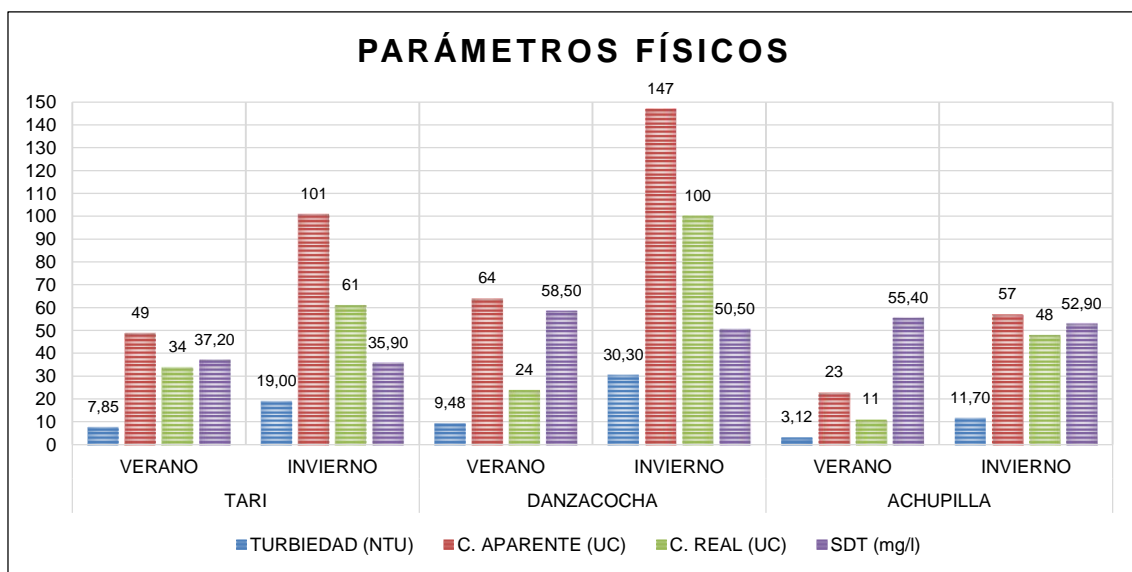


Figura 3-3 Resultados del análisis físico en las captaciones

- Los resultados de los parámetros físicos, mostrados en la Figura 3-3, indican que en verano el agua captada es de buena calidad, cumplen con los criterios de calidad establecidos en la norma TULAS para fuentes superficiales (ANEXO 1).
- En invierno, la calidad física del agua captada en Danzacochoa disminuye significativamente. El color real se incrementa un 33% (25 UC) de lo establecido en la norma TULAS, 75 UC; el color aparente se incrementa 2.3 veces. Demostrando que aquí inicia la pérdida de calidad física (estética – aceptabilidad) del agua de abastecimiento.
- En invierno, los valores de turbiedad y color del agua captada en Achupilla, no tiene cambios significativos en su calidad. Demuestra que es una fuente hídrica conservada, sin ataques antrópicos.

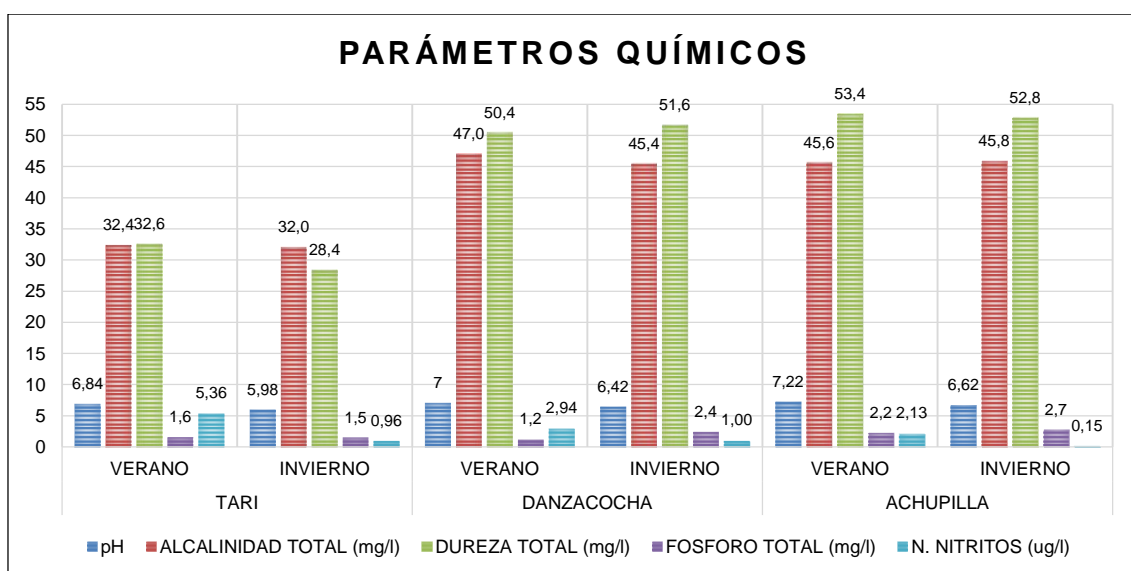


Figura 3-4 Resultados del análisis químico en las captaciones

- Los resultados mostrados en la Figura 3-4 indican que en verano como en invierno los parámetros químicos no varían significativamente, están dentro de los criterios de calidad establecidos en la norma TULAS para fuentes superficiales.
- Sin estar fuera del límite permisible, el valor del fosforo total, podría incrementar la proliferación de algas en los filtros.
- Por otra parte, la presencia mínima de hierro, manganeso, cloruros, sulfatos, amonio, entre otros parámetros (ANEXO 4), hacen que el agua captada sea factible tratarla.

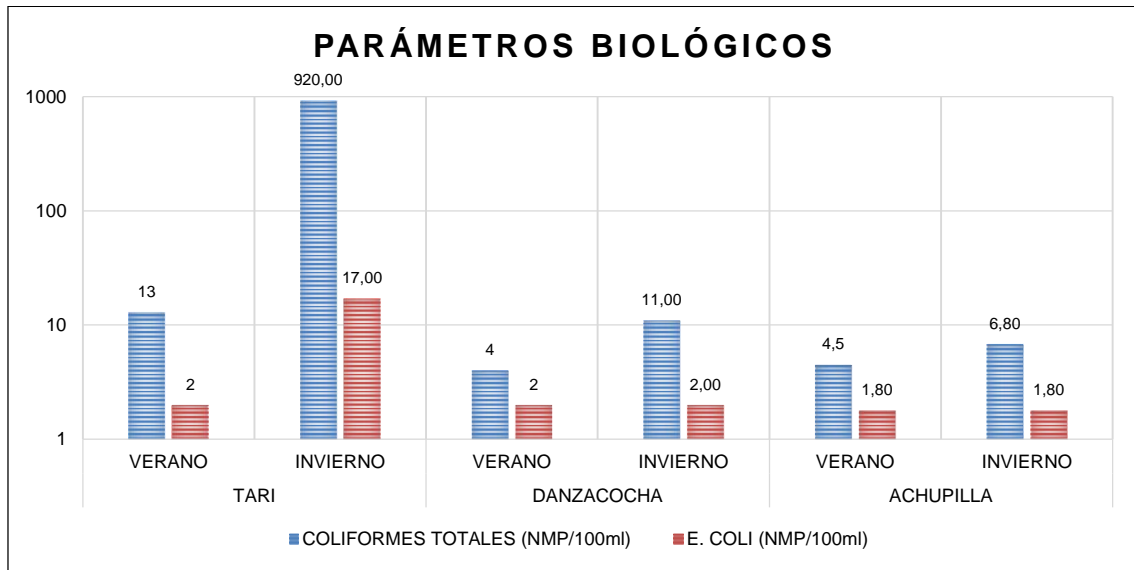


Figura 3-5 Resultados del análisis biológico en las captaciones

- Los resultados mostrados en la Figura 3-5 indican que en invierno la mayor contaminación bacteriológica se produce en la captación Tari. Comparando con la época de verano los coliformes totales se incrementa 71 veces y solo el 1.85% (17 NMP/100ml) representa coliformes fecales. La presencia de ganado y pastos cultivados en la zona (ver Figura 3-11), más la infiltración de las precipitaciones incrementan la carga contaminante en el agua cruda.
- Las demás captaciones tienen valores muy inferiores. En ninguna captación el valor de E. Coli, supera lo establecido en la norma TULAS.

3.7.1.2 Planta de tratamiento

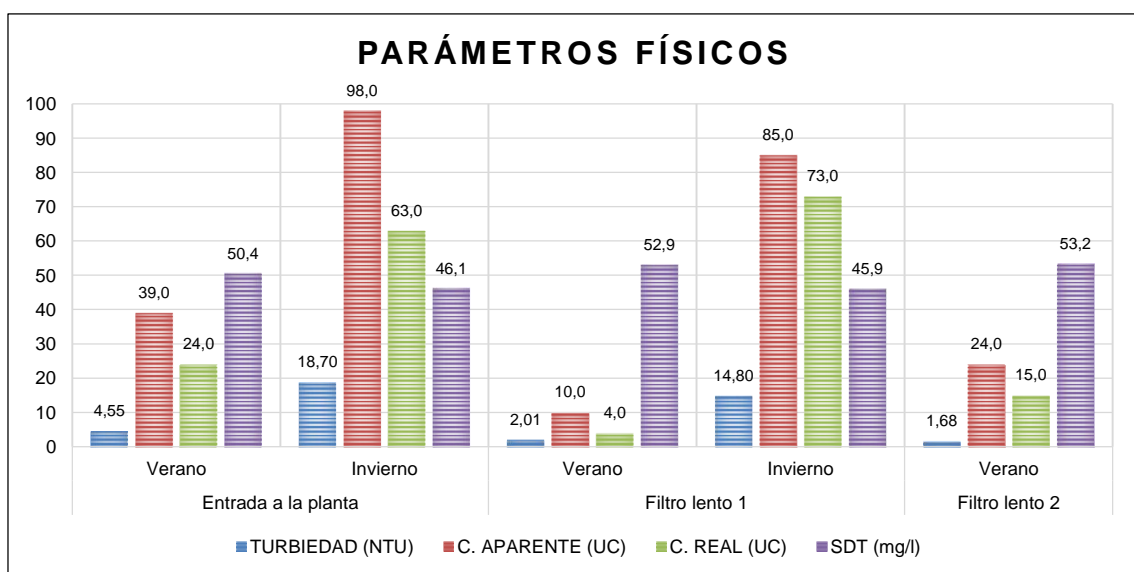


Figura 3-6 Resultados del análisis físico en la planta de tratamiento

- Los resultados mostrados en la Figura 3-6 indican que el agua cruda que ingresa a la planta tanto en verano y en invierno cumplen con los criterios de calidad fijados en la norma TULAS para fuentes superficiales. Pero se debe mencionar que la calidad física en invierno disminuye significativamente.
- En invierno, la remoción del color aparente en el filtro lento 1 fue del 13.26% (13 UC). La remoción de la turbiedad es del 20.85% (3.90 NTU). El valor del color real del agua filtrada es superior al de entrada en 15.87% (10 UC), siendo agua cruda no apta para una desinfección directa.
- Los resultados mencionados anteriormente, se ven afectados porque dos semanas antes del muestreo habían limpiado la película biológica que tiene el poder de retener impurezas finas (material coloidal) y bacterias.

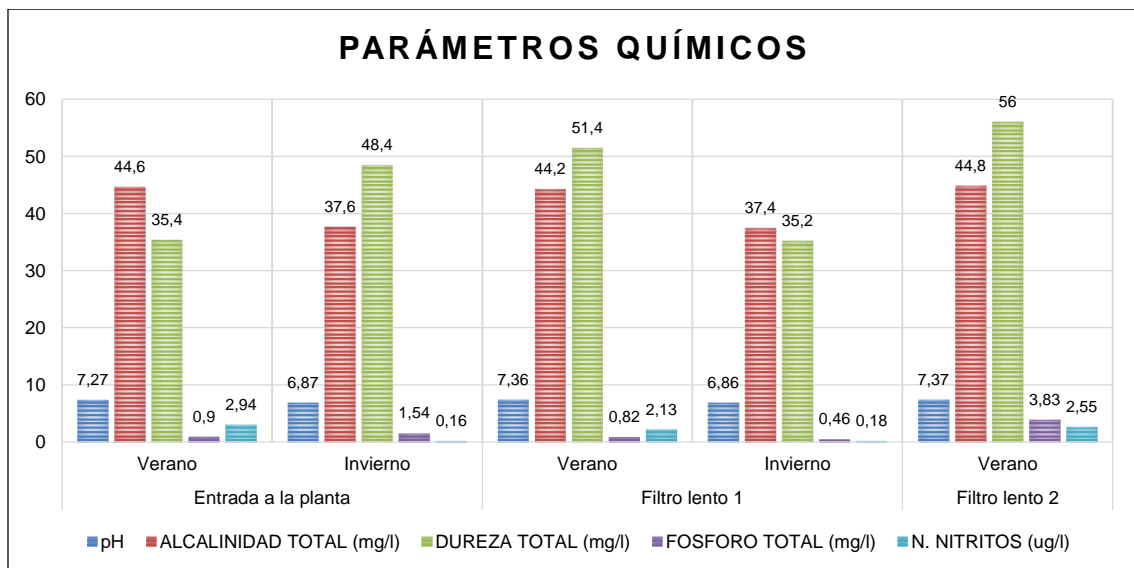


Figura 3-7 Resultados del análisis químico en la planta de tratamiento

- Los resultados mostrados en la Figura 3-7 demuestra que en verano como en invierno los parámetros químicos del agua cruda en la planta de tratamiento no varían significativamente. Luego del proceso de filtración los resultados del agua cruda (ANEXO 4) cumplen con los criterios de calidad establecidos en la norma TULAS.

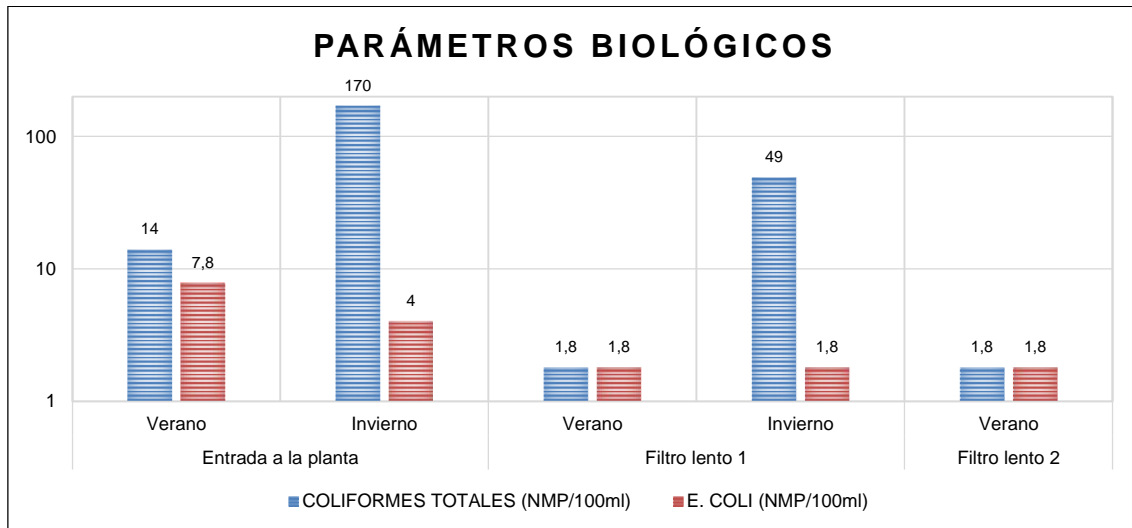


Figura 3-8 Resultados del análisis biológico en la planta de tratamiento

- Los resultados mostrados en la Figura 3-8 indican una remoción bacteriológica en verano como en invierno adecuada. La reducción de los coliformes totales en invierno fue de un 71% (121 NMP/100ml).
- Luego de la filtración la contaminación fecal es mínima. Sanitariamente, con una simple desinfección se garantizará agua libre de cualquier agente patógeno.

3.7.1.3 Red de distribución

- En verano las características físicas del agua potable son de excelente calidad, los valores de turbiedad y color real cumplen con lo establecido en la norma INEN 1108 (ANEXO 2).
- En el muestreo de invierno, las características físicas de turbiedad y color se ven afectadas, no cumplen con el límite máximo permitido de turbiedad de 5 NTU y color de 15 UC Pt-Co; establecidos en la norma INEN1108.
- Una causa directa por el cual se disminuye la calidad del agua potable en invierno, es la alta concentración de contaminantes físicos que vienen en el agua cruda captada en Danzacochoa.

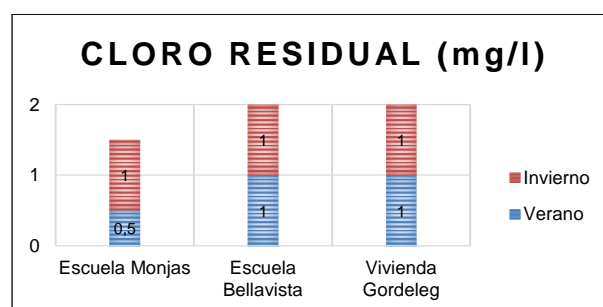


Figura 3-9 Cloro residual registrado en campo

- Los análisis bilógicos en las redes de distribución (ANEXO 5), registran ausencia de microorganismos patógenos y de E. Coli (con certeza indica la ausencia de contaminación fecal). Adicionalmente el cloro residual garantiza protección y calidad del agua potable, ver Figura 3-9. En conclusión, no hay riesgo de una enfermedad causada por microorganismos patógenos.

3.8 Valoración física – sanitaria del sistema

Los sistemas de agua no están constituidos solamente por un conjunto de obras sino también por una administración encargada del mantenimiento y operación, cuya finalidad es asegurar la calidad, cantidad y continuidad del suministro de agua a los usuarios. En esta sección se realiza la valoración de las unidades del sistema de agua con miras a determinar el estado físico (conservación o mantenimiento), riesgos sanitarios; riesgos que pueden ser naturales o administrativos (descuido).

3.8.1 Estructuras de captación

3.8.1.1 Captación Tari



Figura 3-10 Captación Tari
Fotografía: Autor

• **Valoración hidráulica - sanitaria**

Parámetros hidráulicos	Descripción	Estado
Aforo	En verano 0,66 l/s	
SENAGUA	Concedido 0,95 l/s	
Ingreso al tanque recolector	Tubería de PVC, Ø 90 mm	Bueno
Tubos de salida	<ul style="list-style-type: none"> Desagüe HG, Ø 50 mm Rebose HG y PVC, Ø 50 mm HG Ø 63 a conducción PVC Ø 40 mm PVC Ø 90 a conducción PVC Ø 63mm 	Regular
Accesorios de salida (válvulas de compuerta-bronce)	<ul style="list-style-type: none"> Válvula Ø 38 mm, en desagüe Válvula Ø 50 mm, 2 universales HG, 1 reducción 63 a 40, en conducción Válvula Ø 76 mm, 2 adaptadores hembra PVC 90 a 76 mm, 1 reducción 90 a 63 mm, en conducción 	Bueno
Operación	El funcionamiento de la captación y accesorios es adecuada, superficialmente sin oxido. Para labores de mantenimiento se opera cada válvula.	
Material de construcción	Hormigón ciclópeo más una capa de enlucido interno	
Existe estructuras de protección	Tapa hormigón en caja de válvulas	Bueno
	Tapa metálica en el tanque recolector	
	Cerramiento perimetral	

Valoración física:

La estructura del tanque recolector de 0.62 x 0.62 m y 0.75 m de profundidad, se encuentra en buen estado, no presentan fisuras o agrietamientos en base y paredes. La caja de válvulas de 0.60 x 0.60 m y 0.55 m de profundidad, está en mal estado, el filo superior de la caja está roto, incrementado la exposición de los accesorios al oxido, ver Figura 3-10.

En cuanto a los accesorios, los de PVC están en buenas condiciones, los de HG presentan leve oxidación externa; excepto el tubo de desagüe presenta avanzado grado de oxidación externa. Las válvulas funcionan sin problemas, mínima oxidación externa.



Figura 3-11 Área deforestada de la captación Tari
Fotografía: Autor

En la Figura 3-11 se muestra que las condiciones sanitarias de la captación Tari no son las mejores, está ubicada en un área deforestada del bosque Aguarongo. Si bien ya no se produce más deforestación en el lugar, pero a su alrededor continúan las actividades de pastoreo y cultivos, siendo una fuente potencial de contaminación para el agua que se infiltra en los drenes de captación.

3.8.1.2 Captación Danzacocha

• Valoración hidráulica - sanitaria

Parámetros hidráulicos	Características	Estado
Aforo en verano	En verano 0,50 l/s	
SENAGUA	Concedido 0.70 l/s	
Ingreso al tanque recolector	Tubería de PVC, Ø 90 mm	Bueno
Tubos de salida	<ul style="list-style-type: none"> Desagüe HG, Ø 50 mm Rebose HG, Ø 50 mm HG Ø 63 a conducción PVC Ø 63 mm 	Bueno
Accesorios de salida (válvulas de compuerta-bronce)	<ul style="list-style-type: none"> Válvula Ø 38 mm, en desagüe Válvula Ø 50 mm, en conducción 2 universales HG y 1 unión PVC Ø 63 	Bueno
Operación	La estructura de captación y accesorios funcionan correctamente. El operador continuamente realiza labores de limpieza al tanque recolector por la acumulación de sedimento en la salida de conducción.	
Material de construcción	Hormigón ciclópeo más una capa de enlucido interno	
Existe estructuras de protección	Tapa hormigón en caja de válvulas	Bueno
	Tapa metálica en el tanque recolector	
	Cerramiento perimetral	

Valoración física:

La estructura del tanque recolector de 0.62 x 0.62 m y 0.85 m de profundidad y la caja de válvulas de 0.60 x 0.60 m y 0.70 m de profundidad; se encuentra en buen estado, no presenta fisuras ni agrietamientos. Los accesorios de PVC y HG presentan buenas condiciones físicas que no van afectar el funcionamiento.

El tubo de salida hacia la conducción está ubicado en la base del tanque recolector, provocando que en época de invierno la capacidad disminuya por el sedimento que se acumula en el fondo del tanque.



Figura 3-12 Captación Danzacochoa
Fotografía: Autor

La estructura de captación de la Figura 3-12 tiene características similares a la captación Tari y está ubicada en una zona con espesa vegetación, no es posible ninguna actividad de pastoreo. Sin embargo, los drenes están ubicados en una zona pantanosa o fangosa que dañan la calidad del agua captada en invierno, por lo cual las condiciones sanitarias en los drenes no son las mejores.

3.8.1.3 Captación Achupilla





Figura 3-13 Captación Achupilla
Fotografía: Autor

• **Valoración hidráulica - sanitaria**

Parámetros Hidráulicos	Características	Estados
Aforo	En verano 0,95 l/s	
SENAGUA	Concedido 1,30 l/s	
Ingreso al tanque recolector	Drenes PVC, Ø 90 mm	Bueno
	Conducción PVC, Ø 63	
Tubos de salida	• Desagüe HG, Ø 63 mm	Regular
	• Rebose HG, Ø 63 mm	Bueno
	• HG Ø 90 a conducción PVC Ø 90 mm	
Accesorios de salida (válvulas de compuerta-bronce)	• Válvula Ø 50 mm, en desagüe	Bueno
	• Válvula Ø 50 mm, en conducción	
	• Válvula Ø 76 mm, 2 adaptadores hembra PVC 90 a 76 mm, en tubería de drenes	
	• Válvula Ø 76 mm, 2 universales HG, en conducción a la plata de tratamiento	
Operación	La estructura de captación y accesorios funcionan correctamente, superficialmente sin oxido. Para labores de mantenimiento se opera cada válvula.	
Material de construcción	Hormigón ciclópeo más una capa de enlucido interno	
Existe estructuras de protección	2 tapas de hormigón y 1 tapa metálica en las cajas de válvulas	Bueno y regular
	1 tapa metálica en el tanque recolector	Bueno
	Cerramiento perimetral	

Valoración física:

La estructura del tanque recolector de 0.60 x 0.60 m y 0.90 m de profundidad y las tres cajas de válvulas; se encuentran en buen estado, no presenta fisuras ni agrietamientos.

Los accesorios de PVC están en buen estado y los de HG presentan leve oxidación externa, excepto el tubo de desagüe mucha oxidación; condiciones físicas que no van afectar el funcionamiento. Las válvulas funcionan sin problemas, mínima oxidación externa.

La tapa metálica que protege a la válvula de control en la tubería de los drenes, se encuentra en un estado regular, mucha oxidación externa.

La captación mostrada en la Figura 3-13, es la más cercana a la planta de tratamiento y además llega el agua captada en Tari y Danzacochoa. La ubicación de los drenes y la estructura de captación presentan las mejores condiciones ambientales comparadas con el resto de captaciones. En el área de emplazamiento existe vegetación espesa, eso reduce los riesgos de una contaminación por factores externos o humanos; las actividades de pastoreo son nulas.

3.8.2 Planta de tratamiento

La planta de tratamiento está ubicada en la parte alta de la comunidad de Monjas, está conformado por un aireador de cascadas, dos filtros lentos circulares, cámara de cloración, caseta para los equipos de producción de hipoclorito de sodio (NaClO) mediante la electrólisis de la sal muera, entre otras instalaciones menores.

- **Valoración hidráulica – sanitaria**



Figura 3-14 Instalaciones de la planta de tratamiento
Fotografía: Autor

Las estructuras que se muestran en la Figura 3-14, están funcionando adecuadamente, gracias al mantenimiento que realiza el operador. El aerador de cascadas a donde llega el agua cruda captada no presenta ningún tipo de deterioro en el hormigón. Los 2 filtros lentos descendentes no presentan fisuras o filtraciones en las paredes de hormigón. En el exterior la pintura de protección está conservada.

En el mes de agosto del 2015, mediante una minga general habían realizado un lavado completo de los filtros, cambio de los accesorios de hierro a PVC y limpieza de los drenes; siendo la primera vez que se realiza este tipo de mantenimiento desde el funcionamiento en el año 2004. Para mantener el material filtrante en buenas condiciones, mediante mingas periódicamente limpian la capa sobrenadante de agua cruda mezclado con algas que se produce por la propia actividad de filtración.

La cámara de cloración junto con la caseta donde se produce el desinfectante (hipoclorito de sodio - NaClO), están en buenas condiciones de funcionamiento y mantenimiento. Todos los accesorios y tuberías para la producción del hipoclorito de sodio son de PVC para evitar la oxidación debido a los químicos. En cuanto a la producción y dosificación del desinfectante es controlado por el operador de la planta, esto es propenso al error y pone en riesgo la cantidad mínima o máxima de cloro que se debe dosificar al agua de consumo.

Un riesgo sanitario directo no existe, la planta de tratamiento está ubicada en el área protegida del bosque Protector Aguarongo; por lo cual no existe presencia de amenazas externas (deforestación, ganadería, agricultura). En cuanto al material sedimentado en las estructuras de tratamiento frecuentemente es limpiado por el operador. Además posee un cerramiento perimetral para mayor seguridad.

3.8.3 Tanques de reserva

El sistema de agua potable cuenta con tres tanques de reserva:

Tabla 3-11 Características de los tanques de reserva del SAP Monjas - Gordeleg

Tanque de reserva	Cota (msnm)	Tipo	Capacidad de almacenamiento (m ³)	Material	Ubicación
1	3032	Rectangular	100	Hormigón armado	Monjas
2	2979	Rectangular	15		Bellavista
3	2984	Circular	10		Bellavista

- **Valoración hidráulica – sanitaria**

El tanque de reserva 1 es el principal del sistema, está ubicado en el predio de la planta de tratamiento, tiene la mayor capacidad de almacenamiento y es donde inicia la red de distribución. La estructura presenta buenas condiciones físicas; sin fisuras, sin filtraciones.

La reserva 2 abastece a Bellavista y Gordeleg. El tanque está semienterrado con respecto suelo, (ver Figura 3-15). Según el operador es el más antiguo, fue construido aproximadamente hace 30 años. En el año 2004 mediante una minga general, las paredes internas del tanque fueron impermeabilizadas con una capa de mortero.

La tubería de entrada y salida es de PVC Ø 63 mm. Los accesorios de entrada y válvula de control, están protegidos por una caja de hormigón con tapa metálica. El tanque posee una boca de visita protegida por una tapa de hormigón, en el interior hay una válvula flotadora reguladora del caudal. En general, el tanque tiene buenas condiciones físicas, su estado y funcionamiento es adecuado.



Figura 3-15 Tanque 2
Fotografía: Autor

El tanque de reserva 3 (Figura 3-16) abastece a las comunidades de Chilla y Gordeleg. Los accesorios y tubería de Ø 63 mm de entrada y salida del agua son de HG, las válvulas de control; están protegidas a la entrada y salida con una caja de mampostería con tapa metálica. Tienen buenas condiciones, no presentan oxidación.

Para mantenimiento existe una boca de visita protegida con tapa metálica, escaleras de ingreso, tubo de desborde y desagüe que se encuentran en buen estado. Por seguridad tiene un cerramiento perimetral de malla galvanizada, en general el tanque está en buenas condiciones.



Figura 3-16 Tanque 3
Fotografía: Autor

En lo que respecta a la valoración sanitaria, los tres tanques de reserva, están ubicados en zonas que no tienen factores de riesgo directos para una posible contaminación por la actividad ganadera o agrícola que existe en la zona. Sin embargo, es importante anotar que el tanque 2, se encuentra semienterrado y la humedad presente en el suelo puede provocar algún deterioro en las paredes del tanque y ser proclive a filtraciones.

3.9 Parámetros para la evaluación hidráulica de las conducciones

3.9.1 Caudales de evaluación

Según el CEC “Norma 10.07-602 parte IX obras sanitarias” para conducción de aguas superficiales se debe calcular un caudal igual máximo diario más un 10% ($QMD \cdot 1.10$). Para el sistema existente los caudales de referencia van a ser los que se proporcionaron en SENAGUA, en la Tabla 3-12 se muestra el caudal adjudicado a cada captación, dando un total de 3 l/s.

Tabla 3-12 Caudales de evaluación para las conducciones			
Captación	Caudal adjudicado		Caudal de evaluación
	SENAGUA	Factor	
	l/s		l/s
Tari	0,95	1,10	1,00
Danzacocha	0,70		0,80
Achupilla	1,35		1,50

3.9.2 Velocidad del flujo

En conducciones que funcionen a gravedad, con superficie libre o a presión, es aceptable tomar 0,45 m/s como velocidad mínima, pero si el agua no contiene partículas en suspensión (arena-limo), no es necesario considerar velocidad mínima.

Mientras que la velocidad máxima aceptable para PVC es de 4.5 m/s. (INEN, 1992, p. 174). Para determinar se emplea la siguiente fórmula:

$$V = \frac{4 * Q}{\pi * D^2}$$

Donde:

V = Velocidad del flujo (m/s)

Q = Caudal (m³/s)

D = Diámetro interno de la tubería (m)

3.9.3 Pérdidas de carga

Debido al movimiento del fluido a lo largo de la conducción, la energía que se pierde es la asociada a la altura o carga de presión debido a la fricción y accesorios. De esta forma en la evaluación de la línea de conducción se ha considerado la pérdida de carga por fricción. Estas pérdidas de carga, se producen por la resistencia (fricción) que ofrece las paredes de la tubería al movimiento del flujo.

Hay varias ecuaciones teóricas y empíricas que nos permite estimar las pérdidas por fricción, en este caso se empleará la ecuación empírica de Hazen–Williams, una de las más utilizadas en el campo de la ingeniería civil.

$$hf_{\text{tramo}} = 10.647 * \left(\frac{Q}{C}\right)^{1.852} * \frac{L}{D^{4.87}}$$

Donde:

hf_{acum} = Pérdida de energía por tramo (m)

Q = Caudal conducido (m³/s)

C = Coeficiente de fricción de Hazen – Williams

L = Longitud inclinada de la tubería (m)

D = Diámetro interno de la tubería (m)

- Longitud inclinada

$$L = \left(\sqrt{D_{\text{hor}}^2 + D_{\text{es}}^2}\right) * 5\%$$

Donde:

D_{hor} = Distancia horizontal (m)

D_{es} = Desnivel de cotas (m)

a) Coeficiente de fricción de Hazen-Williams

El coeficiente está en función del material y revestimiento interno de la tubería. Es importante tomar en cuenta que la superficie de las tuberías tiende a ser más rugosas con el tiempo, por lo tanto el coeficiente de fricción tendera a ser menor. El coeficiente para tuberías de PVC es:

$$C = 140$$

b) Cálculo de pérdidas unitarias

$$J = 10.647 * \frac{1}{D^{4.87}} * \left(\frac{Q}{C}\right)^{1.852}$$

Donde:

J = Pérdidas unitarias (m)

Q = Caudal conducido (m³/s)

C = Coeficiente de fricción de Hazen – Williams

D = Diámetro interno de la tubería (m)

c) Pérdidas menores

Son pérdidas producidas por los accesorios presentes en las conexiones. Generalmente estas pérdidas no se consideran, ya que sus valores son mínimos.

d) Pérdidas unitarias acumuladas

Es la suma de pérdidas por fricción más perdidas menores $hf_{acum} = hf_{tramo} + hf_{acce}$

e) Presión estática y dinámica

- Presión estática: representa la carga máxima a la que puede estar sometida la tubería de conducción cuando el fluido no está circulando. Esta presión determina la presión de trabajo que debe tener la tubería instalada. La presión máxima aceptable será de 50 m, (CEPIS, 2004). (Ver Figura 3-17)

$$Pe = Ci - Cp$$

Donde

Ci = Cota inicial del perfil de conducción (msnm)

Cp = Cota geométrica del perfil de conducción (msnm)

- Presión dinámica o altura piezométrica (LGH): es la presión que se produce en condiciones de operación. En cualquier punto de la línea de conducción representa la diferencia entre la carga estática y las pérdidas de energía por fricción y locales dentro de la tubería. (Ver Figura 3-17)

Deberá estar por lo menos 2 m más arriba de la clave del conducto; y por lo menos 1 m más arriba de la superficie del terreno, esta condición no será obligatoria para los tramos iniciales y final de conducciones a presión acopladas a reservorios o estanques al aire libre, (INEN, 1992, p. 172). Mientras (CEPIS, 2004), la presión dinámica mínima será de 1 m.

$$P_d = P_e - hf_{acum}$$

Donde

P_d = Presión dinámica (m)

P_e = Presión estática (m)

hf_{acum} = Pérdidas de energía acumuladas (m)

Altura piezométrica expresado en cota: $LGH = C_i - hf_{acum}$

Donde

C_i = Cota inicial del perfil de conducción (msnm)

hf_{acum} = Pérdidas de energía acumuladas (fricción + locales) (m)

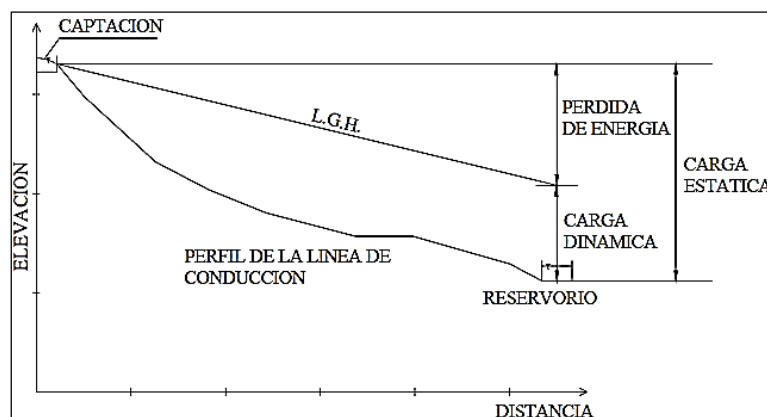


Figura 3-17 Presión estática y dinámica de la línea de conducción
Fuente: (CEPIS, 2004)

3.9.4 Golpe de ariete

Es el choque violento que se produce sobre las paredes de la tubería cuando el movimiento del agua es suspendido repentinamente con una válvula. La energía

cinética se transforma en esfuerzos de compresión sobre el agua, lo que implica un movimiento ondulatorio que provoca sobrepresiones y depresiones, toda esa presión debe ser absorbida y soportada por las paredes de la tubería (Idrovo, 2015).

En conducciones por gravedad, el cierre de la válvula se puede efectuar a diferente ritmo, el tiempo es variable. Cuando se produce un cierre rápido de la válvula, es decir el caso más peligroso para la tubería, la sobrepresión se calcula con la expresión que dedujo Allievi.

$$\Delta H = \frac{a * V}{g}$$

Donde:

ΔH = Incremento de presión (mca)

a = Velocidad de propagación de la onda (m/s)

V = Velocidad del agua en la tubería m/s

g = Gravedad (9.81 m/s²)

La presión total de trabajo que debe resistir la tubería es:

$$\text{Presión de trabajo} = \text{Presión estática máxima} + \Delta H$$

La velocidad de propagación de la onda de presión a través del agua contenida en la tubería, se calcula con la siguiente expresión:

$$a = \frac{9900}{\sqrt{48.3 + K \frac{D}{e}}} \quad K = \frac{10^{10}}{\varepsilon}$$

Donde:

ε = Módulo de elasticidad del material de la tubería (PVC = $3 * 10^{10}$ kg/m²)

a = Velocidad de propagación de la onda (m/s)

K = Coeficiente de la elasticidad (kg/m²)

D = Diámetro interior de la tubería (mm)

e = Espesor de la tubería (mm)

3.10 Evaluación hidráulica de las líneas de conducción

En base a los parámetros establecidos en la sección anterior, se elaboró hojas en Excel para el respectivo análisis hidráulico, los mismos se muestran a continuación.

Conducción TARI – TANQUE DE UNIÓN

Abscisas	Cota terreno	Cota línea de conducción	D. inclinada + 5%	Diámetro actual		Velocidad	Pérdida de carga		Hf acum	L.G.H.	Presión	
				Nominal	Interno		J	Hf_tramo			Estática	Dinámica
m	msnm	msnm	m	mm	mm	m/s	m/m	m	m	msnm	m	m
0+000	3088,00	3088,00								3088,00	0,00	0,00
0+050	3082,17	3081,47	52,95	63	58	0,40	0,004	0,19	0,19	3087,81	6,53	6,34
0+100	3076,33	3075,63	52,86	63	58	0,40	0,004	0,19	0,38	3087,62	12,37	11,99
0+150	3070,00	3069,30	52,92	63	58	0,40	0,004	0,19	0,57	3087,43	18,70	18,13
0+200	3065,00	3064,30	52,76	63	58	0,40	0,004	0,19	0,76	3087,24	23,70	22,94
0+250	3064,34	3063,64	52,50	63	58	0,40	0,004	0,19	0,95	3087,05	24,36	23,41
0+300	3068,69	3067,99	52,70	63	58	0,40	0,004	0,19	1,14	3086,86	20,01	18,87
0+350	3065,26	3064,56	52,62	63	58	0,40	0,004	0,19	1,33	3086,67	23,44	22,11
0+400	3062,30	3061,60	52,59	63	58	0,40	0,004	0,19	1,52	3086,48	26,40	24,88
0+450	3059,61	3058,91	52,58	63	58	0,40	0,004	0,19	1,70	3086,30	29,09	27,38
0+500	3057,80	3057,10	52,53	63	58	0,40	0,004	0,19	1,89	3086,11	30,90	29,01
0+550	3057,30	3056,60	52,50	63	58	0,40	0,004	0,19	2,08	3085,92	31,40	29,32
0+600	3056,67	3055,97	52,50	63	58	0,40	0,004	0,19	2,27	3085,73	32,03	29,76
0+650	3055,83	3055,13	52,51	63	58	0,40	0,004	0,19	2,46	3085,54	32,87	30,41
0+700	3055,00	3054,30	52,51	63	58	0,40	0,004	0,19	2,65	3085,35	33,70	31,05
0+750	3055,58	3054,88	52,50	63	58	0,40	0,004	0,19	2,84	3085,16	33,12	30,28
0+800	3060,26	3059,56	52,73	63	58	0,40	0,004	0,19	3,03	3084,97	28,44	25,42
0+850	3064,87	3064,17	52,72	63	58	0,40	0,004	0,19	3,21	3084,79	23,83	20,62
0+900	3069,24	3068,54	52,70	63	58	0,40	0,004	0,19	3,40	3084,60	19,46	16,05
0+950	3072,50	3071,80	52,61	63	58	0,40	0,004	0,19	3,59	3084,41	16,20	12,61
1+000	3078,00	3078,00	52,90	63	58	0,40	0,004	0,19	3,78	3084,22	10,00	6,22

Notas:

Caudal adjudicado/SENAGUA = 0,95 l/s; caudal de evaluación (+10%) = 1 l/s; profundidad tubería en promedio = 0.70 m; cotas de terreno: inicial = 3088, mínima = 3055, final = 3078 msnm; presión estática máxima = 33 m; presión de trabajo de la tubería 1,00 MPa.

Conducción DANZACocha – TANQUE DE UNIÓN

Abscisas	Cota terreno	Cota línea de conducción	D. inclinada + 5%	Diámetro actual		Velocidad	Pérdida de carga		Hf acum	L.G.H.	Presión	
				Nominal	Interno		J	Hf_tramo			Estática	Dinámica
m	msnm	msnm	m	mm	mm	m/s	m/m	m	m	msnm	m	m
0+000	3086,00	3086,00								3086,00	0,00	0,00
0+050	3082,14	3081,44	52,72	63	58	0,29	0,002	0,11	0,11	3085,89	4,56	4,44
0+100	3079,02	3078,32	52,60	63	58	0,29	0,002	0,11	0,22	3085,78	7,68	7,46
0+150	3077,36	3076,66	52,53	63	58	0,29	0,002	0,11	0,33	3085,67	9,34	9,01
0+200	3076,36	3075,66	52,51	63	58	0,29	0,002	0,11	0,43	3085,57	10,34	9,91
0+250	3076,85	3076,15	52,50	63	58	0,29	0,002	0,11	0,54	3085,46	9,85	9,31
0+292	3078,00	3078,00	44,14	63	58	0,29	0,002	0,09	0,63	3085,37	8,00	7,37

Notas:

Caudal adjudicado/SENAGUA = 0,70 l/s; caudal de evaluación (+10%) = 0,77 l/s; profundidad tubería en promedio = 0,70 m; cotas de terreno: inicial = 3086, mínima = 3076,36, final = 3078 msnm; presión estática máxima = 10,34 m; presión de trabajo de la tubería 1,00 MPa.

Conducción TANQUE DE UNIÓN - ACHUPILLA

Abscisas	Cota terreno	Cota línea de conducción	D. inclinada + 5%	Diámetro actual		Velocidad	Pérdida de carga		Hf acum	L.G.H.	Presión	
				Nominal	Interno		J	Hf_tramo			Estática	Dinámica
m	msnm	msnm	m	mm	mm	m/s	m/m	m	m	msnm	m	m
0+000	3078,00	3078,00								3078,00	0,00	0,00
0+050	3074,29	3073,59	52,70	90	83	0,34	0,002	0,09	0,10	3077,90	4,41	4,31
0+100	3069,83	3069,13	52,71	90	83	0,34	0,002	0,09	0,19	3077,81	8,87	8,68
0+150	3068,00	3067,30	52,54	90	83	0,34	0,002	0,09	0,28	3077,72	10,70	10,42
0+200	3064,66	3063,96	52,62	90	83	0,34	0,002	0,09	0,37	3077,63	14,04	13,67
0+250	3063,55	3062,85	52,51	90	83	0,34	0,002	0,09	0,46	3077,54	15,15	14,69
0+300	3062,48	3061,78	52,51	90	83	0,34	0,002	0,09	0,56	3077,44	16,22	15,66
0+350	3059,13	3058,43	52,62	90	83	0,34	0,002	0,09	0,65	3077,35	19,57	18,92



0+400	3058,56	3057,86	52,50	90	83	0,34	0,002	0,09	0,74	3077,26	20,14	19,40
0+450	3058,49	3057,79	52,50	90	83	0,34	0,002	0,09	0,83	3077,17	20,21	19,38
0+500	3056,78	3056,08	52,53	90	83	0,34	0,002	0,09	0,92	3077,08	21,92	21,00
0+550	3056,24	3055,54	52,50	63	58	0,69	0,010	0,52	1,45	3076,55	22,46	21,01
0+600	3055,78	3055,08	52,50	63	58	0,69	0,010	0,52	1,97	3076,03	22,92	20,95
0+650	3054,47	3053,77	52,52	63	58	0,69	0,010	0,52	2,49	3075,51	24,23	21,74
0+700	3053,41	3052,71	52,51	63	58	0,69	0,010	0,52	3,02	3074,98	25,29	22,27
0+750	3055,57	3054,87	52,55	63	58	0,69	0,010	0,52	3,54	3074,46	23,13	19,59
0+800	3057,54	3056,84	52,54	63	58	0,69	0,010	0,52	4,07	3073,93	21,16	17,09
0+850	3057,38	3056,68	52,50	63	58	0,69	0,010	0,52	4,59	3073,41	21,32	16,73
0+900	3064,89	3064,19	53,09	63	58	0,69	0,010	0,53	5,12	3072,88	13,81	8,69
0+970	3072	3072	73,84	63	58	0,69	0,010	0,74	5,86	3072,14	7,06	1,20

Notas:

Caudal adjudicado acumulado= 1,65 l/s; caudal de evaluación (+10%) = 1,82 l/s; profundidad tubería, en promedio = 0,70 m; cotas de terreno: inicial = 3078, mínima = 3053,41, final = 3072 msnm; presión estática máxima = 25,29 m, presión de trabajo de la tubería 1 MPa.

Conducción ACHUPILLA – PLANTA DE TRATAMIENTO

Abscisas	Cota terreno	Cota línea de conducción	D. inclinada + 5%	Diámetro actual		Velocidad	Pérdida de carga		Hf acum	L.G.H.	Presión	
				Nominal	Interno		J	Hf_tramo			Estática	Dinámica
m	msnm	msnm	m	mm	mm	m/s	m/m	m	m	msnm	m	m
0+000	3072,00	3072,00								3072,00	0,00	0,00
0+050	3065,00	3064,30	53,12	90	83	0,61	0,005	0,28	0,30	3071,70	7,70	7,40
0+100	3058,00	3057,30	53,01	90	83	0,61	0,005	0,28	0,58	3071,42	14,70	14,12
0+150	3055,16	3054,46	52,58	90	83	0,61	0,005	0,28	0,86	3071,14	17,54	16,68
0+200	3052,88	3052,18	52,55	90	83	0,61	0,005	0,28	1,15	3070,85	19,82	18,67
0+250	3047,59	3046,89	52,79	90	83	0,61	0,005	0,28	1,43	3070,57	25,11	23,68
0+300	3047,57	3046,87	52,50	90	83	0,61	0,005	0,28	1,71	3070,29	25,13	23,42
0+350	3045,98	3045,28	52,53	90	83	0,61	0,005	0,28	2,00	3070,00	26,72	24,72



0+400	3043,25	3042,55	52,58	90	83	0,61	0,005	0,28	2,28	3069,72	29,45	27,17
0+450	3040,85	3040,15	52,56	90	83	0,61	0,005	0,28	2,56	3069,44	31,85	29,29
0+500	3040,98	3040,28	52,50	90	83	0,61	0,005	0,28	2,85	3069,15	31,72	28,87
0+550	3043,68	3042,98	52,58	90	83	0,61	0,005	0,28	3,13	3068,87	29,02	25,89
0+600	3040,26	3039,56	52,62	90	83	0,61	0,005	0,28	3,41	3068,59	32,44	29,04
0+650	3037,06	3036,36	52,61	90	83	0,61	0,005	0,28	3,70	3068,30	35,64	31,94
0+700	3034,38	3033,68	52,58	90	83	0,61	0,005	0,28	3,98	3068,02	38,32	34,34
0+750	3031,55	3030,85	52,58	90	83	0,61	0,005	0,28	4,26	3067,74	41,15	36,89
0+800	3028,19	3027,49	52,62	90	83	0,61	0,005	0,28	4,56	3067,44	44,51	39,96
0+850	3024,82	3024,12	52,62	90	83	0,61	0,005	0,28	4,83	3067,17	47,88	43,05
0+900	3021,50	3020,80	52,62	90	83	0,61	0,005	0,28	5,11	3066,89	51,20	46,09
0+950	3017,64	3016,94	52,66	90	83	0,61	0,005	0,28	5,41	3066,59	55,06	49,66
1+000	3014,73	3014,03	52,59	90	83	0,61	0,005	0,28	5,68	3066,32	57,97	52,28
1+050	3012,77	3012,07	52,54	90	83	0,61	0,005	0,28	5,96	3066,04	59,93	53,96
1+100	3010,72	3010,02	52,54	90	83	0,61	0,005	0,28	6,26	3065,74	61,98	55,72
1+150	3011,73	3011,03	52,51	90	83	0,61	0,005	0,28	6,53	3065,47	60,97	54,44
1+200	3013,73	3013,03	52,54	90	83	0,61	0,005	0,28	6,81	3065,19	58,97	52,16
1+250	3020,32	3019,62	52,95	90	83	0,61	0,005	0,28	7,11	3064,89	52,38	45,27
1+300	3024,40	3023,70	52,67	90	83	0,61	0,005	0,28	7,39	3064,61	48,30	40,91
1+350	3026,59	3025,89	52,55	90	83	0,61	0,005	0,28	7,66	3064,34	46,11	38,45
1+400	3027,00	3026,30	52,50	90	83	0,61	0,005	0,28	7,96	3064,04	45,70	37,74
1+450	3030,00	3029,30	52,59	90	83	0,61	0,005	0,28	8,24	3063,76	42,70	34,46
1+500	3032,00	3031,30	52,54	90	83	0,61	0,005	0,28	8,51	3063,49	40,70	32,19
1+550	3035,00	3034,30	52,59	90	83	0,61	0,005	0,28	8,81	3063,19	37,70	28,89
1+600	3033,94	3033,24	52,51	90	83	0,61	0,005	0,28	9,09	3062,91	38,76	29,67
1+638	3032,00	3032,00	39,92	90	83	0,61	0,005	0,21	9,30	3062,70	40,00	30,70

Notas:

Caudal adjudicado/SENAGUA= 3 l/s; caudal de evaluación (+10%) = 3,30 l/s; profundidad tubería, en promedio = 0,70 m; cotas de terreno: inicial = 3072, mínima = 3010,72, final = 3032 msnm; presión estática máxima = 61.28 m; presión de trabajo de la tubería 1 MPa. Abscisa 1+100 se encuentra una válvula de purga.

3.10.1 Análisis de resultados

Según los resultados obtenidos en la sección anterior se puede decir que las conducciones hidráulicamente están funcionando dentro de los parámetros establecidos en las normas (INEN 1992 y CEPIS). Para respaldar lo antes mencionado, a continuación se detallan los resultados de los parámetros de velocidad, presión estática y dinámica de forma individual.

Las líneas de conducción son de PVC, incluyendo el paso elevado de la conducción “Tari - Tanque de unión” sobre una quebrada. Los desniveles mostrados en la Tabla 3-13, demuestran que se puede transportar el agua captada a gravedad.

Tabla 3-13 Diferencia de elevación de las conducciones

Conducción	Cota			Diferencia de cotas m	Presión Estática m
	Inicio msnm	Llegada msnm	Mínima msnm		
Tari - Tanque de unión	3088	3078	3055	10	33
Danzacocha - Tanque de unión	3086	3078	3076	8	10
Tanque de unión - Achupilla	3078	3072	3052	6	26
Achupilla - planta de tratamiento	3072	3032	3010	40	62

- Presión estática

De las cuatro conducciones la única que supera los 50 mca estipulados en la norma, es “Achupilla – Planta de tratamiento”, llegando a producirse en el punto más bajo una presión estática de 62 mca; abscisa 1 + 100 donde está ubicado una válvula de purga.

Tomando en cuenta que todas las conducciones están instaladas con tuberías de 1Mpa (102 mca) de presión de trabajo, por lo tanto la tubería instalada es la adecuada para soportar una presión de 62 mca ejercida por el fluido.

- Análisis por golpe de ariete

La sobrepresión producida por el golpe de ariete en la conducción Achupilla – Planta de tratamiento es de $\Delta H = 21.25$, más la presión estática máxima de 62 mca, se produce en total 83.25 mca de presión. Pero la presión de trabajo de 1Mpa (102 mca) que tienen las tuberías es superior con el 22.52%, por lo tanto no se producirá problemas por la sobrepresión del golpe de ariete.

Adicionalmente se puede decir que las otras conducciones tienen un margen de seguridad que supera el 40%, ya que en todos los tramos la presión del fluido es inferior a la presión de trabajo escogida.

- Presión dinámica

Según la norma la presión dinámica debe estar 2 m sobre la clave (parte superior) del conducto y 1 m sobre la superficie del terreno, se cumple en todas las líneas de conducciones, excepto en el tramo de llegada de la conducción “Tanque de unión – Achupilla”, apenas llega a estar 1.20 m sobre el nivel del terreno (Ver Tabla 3-14). Sin embargo, la misma norma establece que la condición no será obligatorio, para el tramo inicial y final si esta acoplado a tanques de recolección al aire libre.

Finalmente se puede decir que la línea piezométrica en todos los tramos se encuentra por lo menos 1 m sobre la superficie del terreno, por lo que existe suficiente presión en el fluido para que el agua captada llegue sin problemas a la planta de tratamiento.

Tabla 3-14 Presión dinámica y velocidad en las conducciones

Conducción	Presión dinámica			Velocidad	
	Inicio m	Final m	Máxima m	Diámetro Externo mm	Velocidad m/s
Tari - tanque de unión	0	6,22	31.05	63	0,40
Danzacocha - tanque de unión	0	7,37	9,90	63	0,29
Tanque de unión - Achupilla	0	1,20	22.27	90	0,34
				63	0,69
Achupilla - planta de tratamiento	0	30,70	55,72	90	0,61

- Velocidad

Mediante la simulación se determinó que existe dos líneas de conducción más un tramo de la conducción “Tanque de unión – Achupilla”, que están por debajo de la velocidad mínima, debido al sobredimensionamiento del diámetro. Mientras que la conducción hasta la planta de tratamiento más un tramo de la captación “Tanque de unión – Achupilla”, registran velocidades superiores a la mínima, 0.45 m/s, contemplada en la norma (Ver Tabla 3-14). En ningún tramo la velocidad es superior a la máxima de 4.5 m/s.

3.11 Parámetros para la evaluación hidráulica de la red de distribución

3.11.1 Caudal máximo horario de evaluación

Según la “Norma para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes”, se comprobarán las presiones en la red con el caudal máximo horario (QMH). Para establecer la dotación con el cual se calculó el QMH, se realizó en la sección “3.4.2 Dotación media actual” el análisis de consumos, de acuerdo a las lecturas realizadas por la JAAP – Zhidmad en los medidores. El resumen del análisis se muestra en la Tabla 3-15.

Tabla 3-15 QMH de evaluación para la red de distribución

	Población (hab)	Dotación l/hab/día	Caudal medio diario (Qmd) l/s	Factor KMH	Caudal máximo horario (QMH) l/s
Actual (2016)	1361	73	1,38	3	4,14
Futuro (2022)	1473	79	1,62		4,85

Elaboración: Autor

3.11.2 Presiones estáticas y dinámicas

Según la norma mencionada en la sección 3.11.1, establece que la presión estática, no deberá en lo posible ser mayor a 70 mca y una presión máxima dinámica de 50 m.

3.11.3 Velocidades

La velocidad dentro de las tuberías deberá, en lo posible, mantenerse alrededor de 1.5 m/s. (INEN, 1992, p. 266). Según la guías del CEPIS, en general recomienda un rango de velocidad de 0.5 – 1 m/s, dando como velocidad mínima 0.3 m/s y máxima de 2 m/s.

3.11.4 Método para determinación de caudales

La distribución de agua se hace mediante un sistema abierto o ramificado; mecanismo utilizado cuando la topografía es irregular o cuando la población es pequeña y dispersa. En el cálculo de caudales se podrá emplear uno de los métodos para redes cerradas, si la red abastece a más de 30 domiciliarias, (CEPIS, 2005, p. 10)

- Método del número de familias

Se calcula un caudal unitario, dividiendo el QMH entre el número total de familias de los abonados. El caudal en el nudo, será el número de familias en su área de influencia multiplicado por el caudal unitario. Las demandas asignadas a cada nudo en la simulación se muestra en la Tabla 3-16.

$$Q_n = \frac{QMH}{N_f} * N_{fn}$$

Donde:

Q_n = Caudal en el nudo "n" (l/s)

QMH = Caudal máximo horario (l/s)

N_f = Número total de familias

N_{fn} = Número de familias en el área de influencia del nudo "n"

Tabla 3-16 Resumen de los datos ingresados en software Epanet

Conexiones por número de familias	Familias en el área de influencia del nudo	Total de familias	Demanda en el nudo
252	1	252	0,012
26	2	52	0,025
8	3	24	0,037
1	6	6	0,074
287		334	

Nota:

Cada medidor está registrado a un abonado, por lo cual se asumió cada registró como familia. El QMH = 4,14 l/s

Elaboración: Autor

3.12 Evaluación hidráulica de las redes de distribución

Para evaluar el funcionamiento hidráulico de la red actual del sistema Monjas – Gordeleg, la información procesada se ingresó al programa Epanet. En la Figura 3-18 y Figura 3-19 se muestran los resultados obtenidos en la simulación correspondiente a presiones y velocidades, respectivamente.

EPANET 2.0, es un programa de uso libre, desarrollado por la Agencia de Medio Ambiente de Estados Unidos (U.S. EPA), permite simular el comportamiento hidráulico en redes de distribución a presión, ofreciendo una rápida previsión del comportamiento del sistema, referente a presiones en los nudos de demanda, velocidades y caudales en las tuberías. (García Alcaraz, 2006).

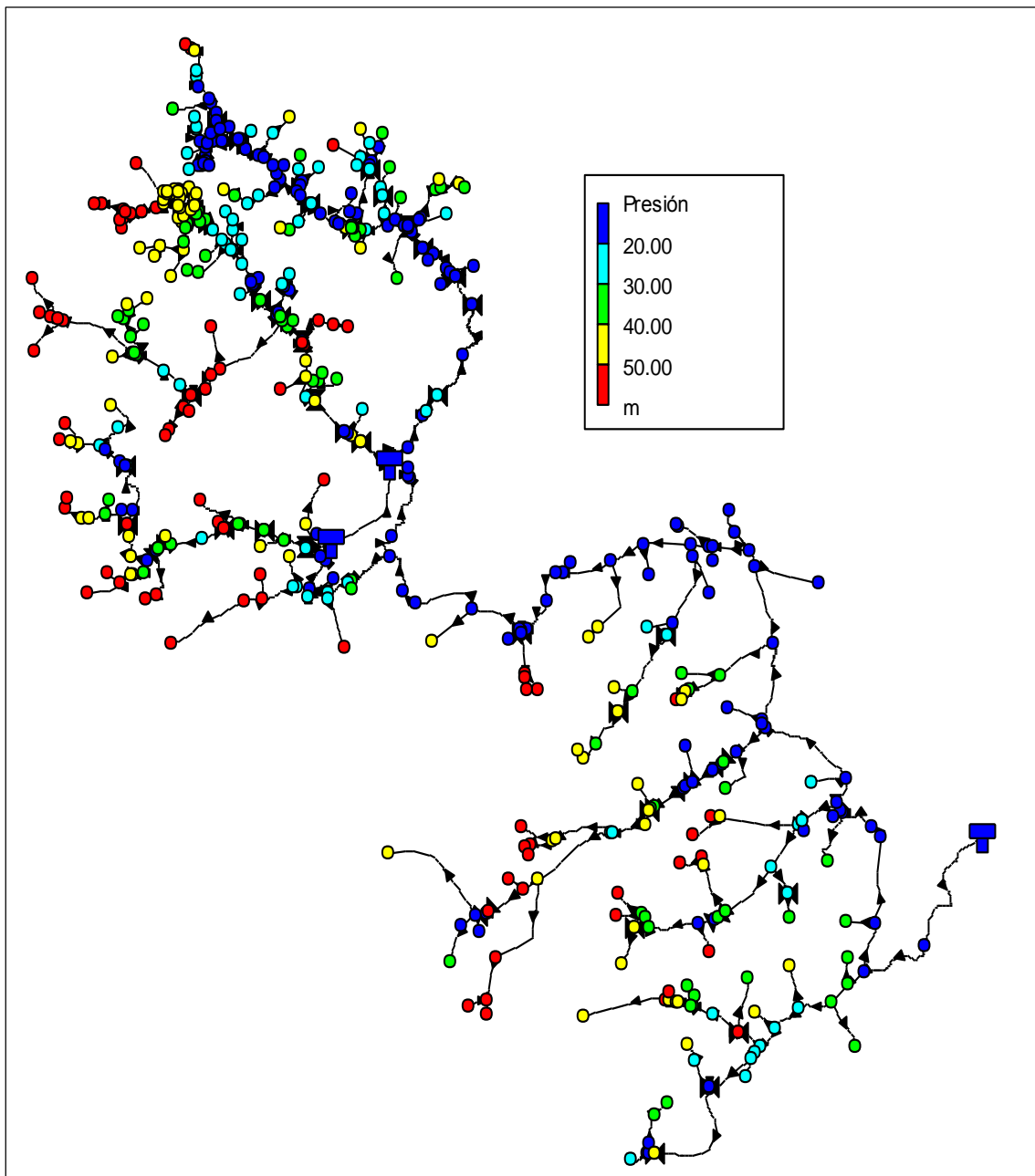


Figura 3-18 Presión dinámica en los nudos de la red actual
Elaboración: Autor

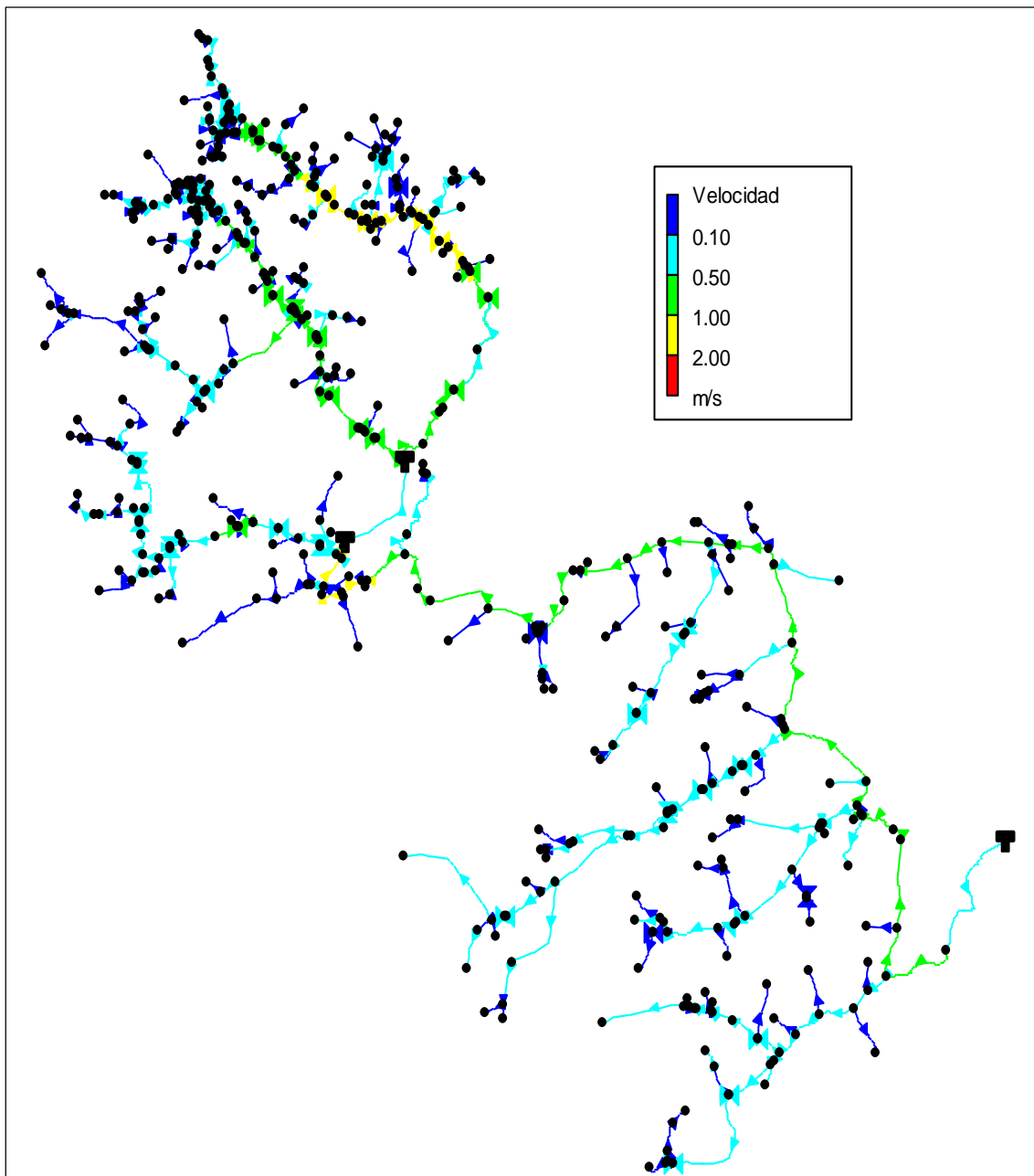


Figura 3-19 Velocidad en las tuberías de la red actual
Elaboración: Autor

En la Figura 3-20 y Figura 3-21, se muestran las simulaciones de la red con TRP y sin TRP, respectivamente; en el sector donde existe baja presión.

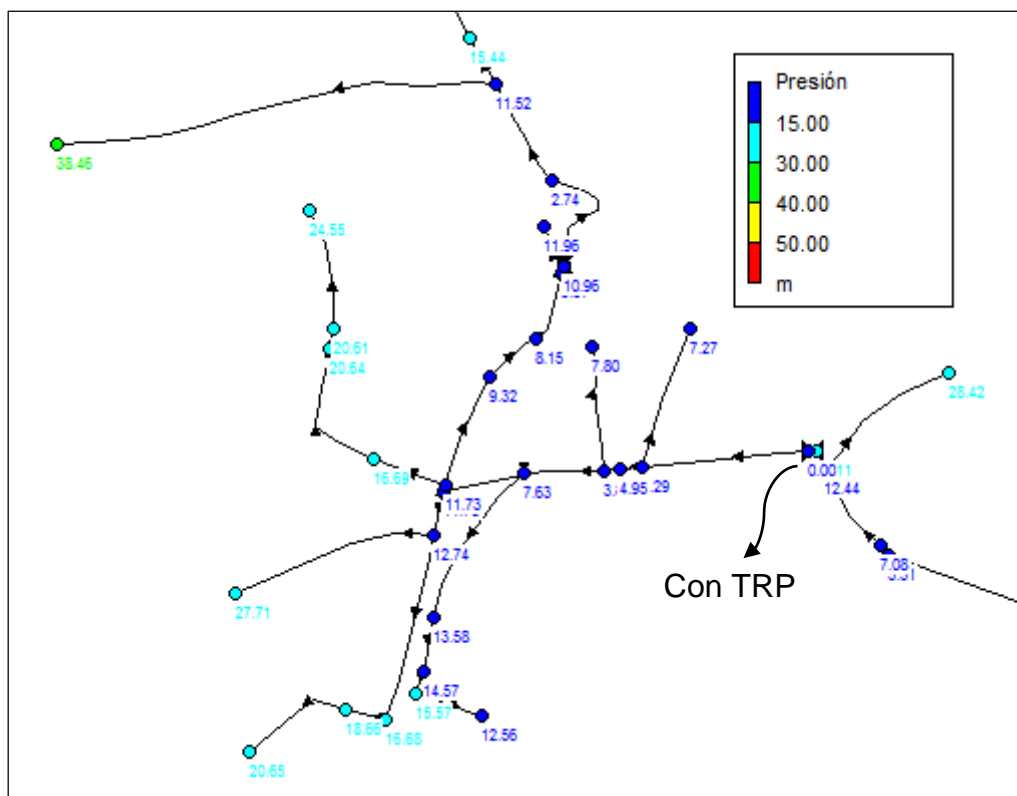


Figura 3-20 Baja presión en Gordeleg, sector dispensario-IESS, con TRP

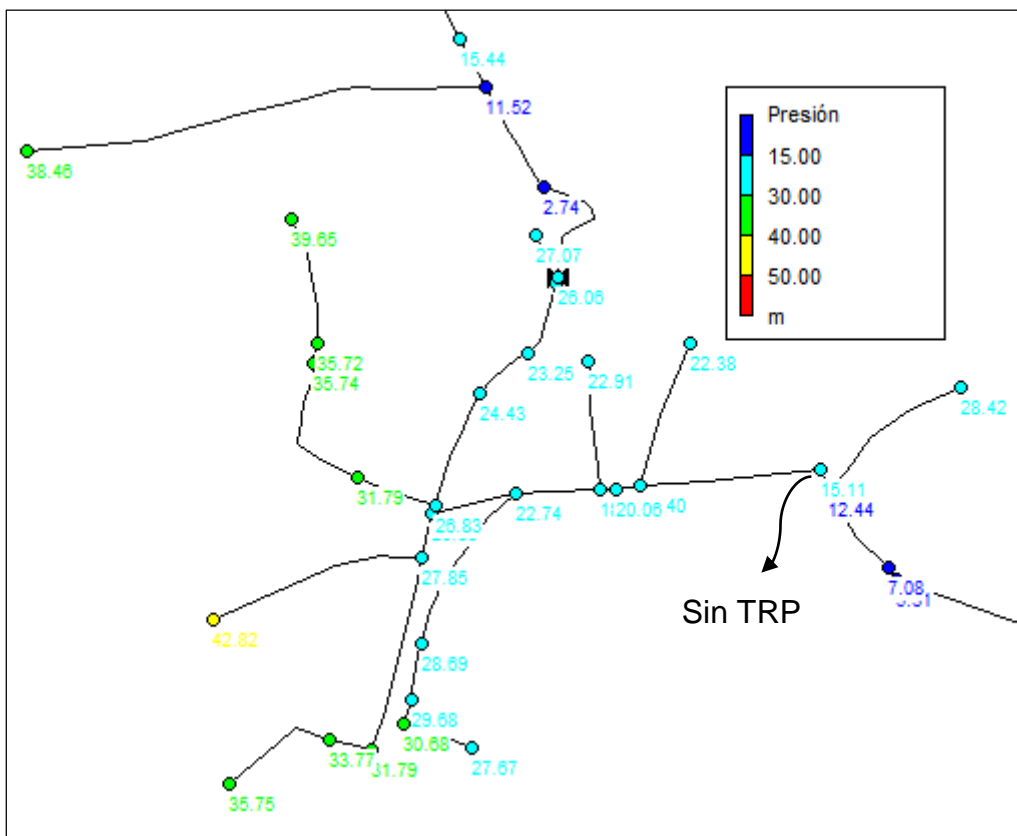


Figura 3-21 Incremento de presión en Gordeleg, sector dispensario-IESS, sin TRP

3.12.1 Análisis de resultados

La simulación hidráulica en Epanet, permite conocer el estado actual de la red con respecto a presiones y velocidades. La simulación se realizó mediante el régimen permanente (análisis estático), es decir las demandas en los nudos son constantes las 24 horas del día, convirtiéndose en el escenario más desfavorable para la red.

En general la red de distribución está funcionando dentro de los parámetros establecidos en las normas (INEN 1992 y CEPIS), excepto en ciertos lugares donde las velocidades y presiones no son las más favorables. Para respaldar lo mencionado, a continuación se puntualizan los resultados de presión dinámica y velocidad.

- Presión dinámica

En la evaluación se identificaron nudos cuyos valores superan la presión dinámica establecida en la norma, 50 mca. Los nudos de color rojo mostrados en la Figura 3-18, presentan presiones dinámicas superiores a lo establecido; las presiones altas están ubicadas en zonas bajas con altos desniveles, estas presiones podrían ocasionar mayores consumos. Los datos de cada nudo están en el ANEXO 3.

También se identificaron nudos cuya presión dinámica es inferior a lo establecido en la norma, 10 mca. Las domiciliarias con déficits de presión están en la parte baja de Gordeleg (zonas aledañas al dispensario del IESS) y en la comunidad de Monjas con dos domiciliarias, los nudos n133 y n134, que están localizados en cotas más altas que la subred de abastecimiento. Pero el punto más crítico se da en el nudo n133, el abonado tiene instalado una bomba para poder tener agua en su domicilio.

En las salidas de campo, los usuarios de la parte baja de Gordeleg manifestaron la falta de presión en las acometidas. La red del sector inicia en el tanque rompe presiones ($X = 732695 - Y = 732695$), además la red tiene diámetros pequeños (17 y 22 mm) para la cantidad de abonados conectados, esas son dos causas directas para la falta de presión. Últimamente, con el objetivo de disminuir el déficit de presión colocaron una válvula de aire contiguo al tanque rompe presiones.

- Velocidad

En la evaluación hidráulica se registró una velocidad máxima de 1.70 m/s en los tramos p323 y p324, velocidad cercana al 1.50 m/s recomendado en la norma. También se registró una velocidad mínima de 0.02 m/s en los tramos p170 y p467. Es importante acotar que el tramo p170 abastece al nudo n134 que tiene déficit de presión.

Capítulo 4 Conclusiones y Recomendaciones

Conclusiones:

Con la valoración realizada en campo de las captaciones, planta de tratamiento, tanques rompe presiones, válvula de purga o aire; se encuentran en buen estado, en ciertos puntos existe mayor deterioro por el paso del tiempo pero de ninguna manera afectará al funcionamiento.

Según el aforamiento realizado en época de sequía, el sistema está captando un caudal promedio de 2.40 l/s. Este caudal es superior al 1.73 l/s consumido en las comunidades en un 38%. Además comparando la demanda de 2.03 l/s al final del periodo de diseño, el sistema captará un 18% más de lo requerido. Esto demuestra que el sistema no tiene ni tendrá déficits en el abastecimiento de agua.

Los resultados de los muestreos del agua cruda y potable demuestran que en verano la calidad es alta. Sin embargo, en invierno existen variaciones significativas en su calidad, la mayor carga contaminante biológica y física se da en las captaciones Tari y Danzacochoa, respectivamente. De tal manera que la fuente hídrica de abastecimiento de mejor calidad es Achupilla.

En los filtros lentos, se ha comprobado la efectividad en la reducción de los coliformes totales, de hecho, en invierno se dio una reducción del 71% en el filtro lento 1. También se da una reducción importante de la bacteria E. Coli, en invierno el agua filtrada tiene una concentración menor al 1.8 NMP/100ml.

En la evaluación hidráulica se determinó que existe un sobre dimensionamiento en los diámetros de las conducciones. A pesar de eso, están cumpliendo con los parámetros establecidos en la norma, por lo que no presentará problemas en su funcionamiento.

La red de distribución en zonas con altos desniveles, la presión dinámica supera los 50 mca permitidos en la norma. También se identificó déficits de presión en el sector del dispensario del IESS, debido a que la red inicia en un tanque rompe presiones y la demanda de los abonados es superior a la capacidad de la red del sector.

Recomendaciones:

Para precautelar la seguridad del agua cruda y potable se debe realizar labores de mantenimiento en las tapas metálicas y accesorios que están con avanzado grado de oxidación, tanto en las captaciones como en los tanques rompe presiones.

Para evitar que los ataques antrópicos se profundicen a corte tiempo en la zona de recarga hídrica de Tari, ver Figura 3-11. Lo antes posible la JAAP con la ayuda de las autoridades pertinentes deberá comprar los terrenos o reforestar; de tal manera que se forme una fuente hídrica sustentable y pueda mejorar su calidad, específicamente la bacteriológica.

Se propone potencializar las captaciones Tari y Achupilla, es decir colocar más drenes para incrementar el volumen de captación. A fin de evitar captar en Danzacocha la totalidad de los 0.70 l/s adjudicado por SENAGUA y así en época invernal impedir el deterioro de los parámetros físicos del agua que ingresa a la planta de tratamiento. Si no es posible incrementar el volumen de captación, como alternativa se seguirá construir un sistema de pre filtración convencional de flujo descendente en la captación Danzacocha, para precautelar los filtros lentos en la planta de tratamiento.

Para que la JAAP tenga un registro de la concentración de contaminantes y la eficiencia de la planta de tratamiento. Se recomienda realizar controles de calidad al agua que se capta y se distribuye en diferentes períodos del año (verano – invierno). Este programa deberá aplicarse especialmente en las captaciones Tari y Danzacocha, ya que en invierno tienen la mayor carga contaminante bacteriológica y física, respectivamente.

Para eliminar el déficit de presión en la comunidad de Gordeleg, sector dispensario del IESS, se recomienda hacer una conexión directa (by pass) a la red que llega al tanque rompe presiones $X = 732695 - Y = 9675171$. (Ver Figura 3-20 y Figura 3-21)

Capítulo 5 Bibliografía

- Arocha Simon, R. (1980). *Abastecimientos de Agua Teoría y Diseño*. (M. Ediciones Vega s.r.l, Ed.) (Primera ed). Madrid.
- Calle, E., & Mejia, A. (2008). *Evaluación y mejoramiento del sistema de abastecimiento de agua de la comunidad de Sa Francisco de Mosquera, parroquia Santa Ana*.
- CEPIS. (2004). Guía de diseño para líneas de conducción e impulsión de sistemas de abastecimiento de agua rural.
- CEPIS. (2005). Guía para el diseño de redes de distribución en sistemas rurales de abastecimiento de agua, 13.
- CONAGUA. (2007). *Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento "Datos Básicos Para Proyectos de Agua Potable y Alcantarillado."* México.
- Constitución del Ecuador, A. N. C. (2008). Constitución del Ecuador. *Registro Oficial*, 449, 1–217.
- GAD-Gualaceo. (2014). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial*. Gualaceo, Ecuador.
- GAD-Zhidmad. (2015). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial*. Zhidmad, Gualaceo, Ecuador.
- García Alcaraz, M. del M. (2006). *Modelación y simulación de redes hidráulicas a presión mediante herramientas informáticas*. Universidad Politécnica de Cartagena.
- Idrovo, D. (2015). *Apuntes de clase "Criterios de diseño."* Universidad de Cuenca, Cuenca, Ecuador.
- INAMHI. (2012). Anuarios meteorológicos.
- INEN. (1992). *SENAGUA revisión de la "Normas Para Estudio y Diseño de Sistemas de Agua Potable y Disposición de Aguas Residuales Para Poblaciones Mayores a 1 000 Habitantes"* (Vol. 1). Ecuador.
- INEN. (1997). *SENAGUA revisión de la "Norma de diseño para sistemas de abastecimiento de agua potable, disposición de excretas y residuos líquidos en el area rural."* Ecuador.
- Jerves, R. (2002). *EVALUACIÓN Y REHABILITACIÓN DEL SISTEMA REGIONAL DE AGUA POTABLE EN EL SECTOR DE AGUARONGO , MONJASPAMBA EN LA PARROQUIA ZHIDMAD , CANTON GUALACEO , PROVINCIA DEL AZUAY .* Cuenca.
- OMS. (2004). Guías para la calidad del agua potable, 1, 10–404. Retrieved from http://www.bvsde.paho.org/CD-GDWQ/Biblioteca/GuiasGDW/GDWQ_OMS_en_Esp/gdwq0506_Final_Spanish.pdf
- OPS/CEPIS. (1996). *Control de calidad del agua "Métodos de análisis para la evaluación de la calidad del agua."* Lima Perú.



-
- Pittman, R. A. (2003). *AGUA POTABLE PARA POBLACIONES RURALES “sistemas de abastecimiento por gravedad sin tratamiento”* (Asociación). Lima Perú.
- Reascos, B., & Yar, B. (1987). Diagnóstico sobre la calidad del agua para el consumo humano en Colombia “ La calidad fisicoquímica del agua y su influencia en el tratamiento.”
- SEMPLADES. (2013). *Propuesta Metodológica de Proyecciones de Población 2010 – 2020 a nivel de distritos y circuitos*. Quito. Retrieved from www.planificacion.gob.ec
- Torres-Degró, A. (2011). Tasas de crecimiento poblacional (r): “Una mirada desde el modelo matemático lineal, geométrico y exponencial.” *CIDE Digital*, 2(1), 142–160.
- TULAS. “Texto Unificado de la Legislación Ambiental Secundaria”. Libro VI Anexo q. Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes: Recursos Agua. Presidencia de la Republica del Ecuador. (2015). Ecuador.

Capítulo 6 Anexos

Anexo 1. Norma TULAS – criterios de calidad de fuentes de agua

TABLA 1: CRITERIOS DE CALIDAD DE FUENTES DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO Y DOMÉSTICO

PARAMETRO	EXPRESADO COMO	UNIDAD	CRITERIO DE CALIDAD
Aceites y Grasas	Sustancias solubles en hexano	mg/l	0,3
Arsénico	As	mg/l	0,1
Coliformes Fecales	NMP	NMP/100 ml	1000
Bario	Ba	mg/l	1
Cadmio	Cd	mg/l	0,02
Cianuro	CN ⁻	mg/l	0,1
Cobre	Cu	mg/l	2
Color	Color real	Unidades de Platino□Cobalto	75
Cromo hexavalente	Cr ⁺⁶	mg/l	0,05
Fluoruro	F ⁻	mg/l	1,5
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/l	<4
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	DBO ₅	mg/l	<2
Hierro total	Fe	mg/l	1,0
Mercurio	Hg	mg/l	0,006
Nitratos	NO ₃	mg/l	50,0
Nitritos	NO ₂	mg/l	0,2
Potencial Hidrógeno	pH	unidades de pH	6-9
Plomo	Pb	mg/l	0,01
Selenio	Se	mg/l	0,01
Sulfatos	SO ₄ ⁻²	mg/l	500
Hidrocarburos Totales de Petróleo	TPH	mg/l	0,2
Turbiedad	unidades nefelométricas de turbiedad	UNT	100,0

Nota: Podrán usarse aguas con turbiedades y coliformes fecales ocasionales superiores a los indicados en esta Tabla, siempre y cuando las características de las aguas tratadas sean entregadas de acuerdo con la Norma INEN correspondiente.

Anexo 2. Norma - INEN 1108 (5ta revisión 2014) Agua Potable

PARAMETRO	UNIDAD	Límite máximo permitido
Características físicas		
Color	Unidades de color aparente (Pt-Co)	15
Turbiedad	NTU	5
Olor	---	no objetable
Sabor	---	no objetable
Inorgánicos		
Antimonio, Sb	mg/l	0,02
Arsénico, As	mg/l	0,01
Bario, Ba	mg/l	0,7
Boro, B	mg/l	2,4
Cadmio, Cd	mg/l	0,003
Cianuros, CN ⁻	mg/l	0,07
Cloro libre residual ¹⁾	mg/l	0,3 a 1,5 ¹⁾
Cobre, Cu	mg/l	2,0
Cromo, Cr (cromo total)	mg/l	0,05
Fluoruros	mg/l	1,5
Mercurio, Hg	mg/l	0,006
Níquel, Ni	mg/l	0,07
Nitratos, NO ₃ ⁻	mg/l	50
Nitritos, NO ₂ ⁻	mg/l	3,0
Plomo, Pb	mg/l	0,01
Radiación total α *	Bq/l	0,5
Radiación total β **	Bq/l	1,0
Selenio, Se	mg/l	0,04

¹⁾ Es el rango en el que debe estar el cloro libre residual luego de un tiempo mínimo de contacto de 30 minutos

* Corresponde a la radiación emitida por los siguientes radionucleidos: ²¹⁰Po, ²²⁴Ra, ²²⁶Ra, ²³²Th, ²³⁴U, ²³⁸U, ²³⁹Pu

** Corresponde a la radiación emitida por los siguientes radionucleidos: ⁶⁰Co, ⁸⁹Sr, ⁹⁰Sr, ¹²⁹I, ¹³¹I, ¹³⁴Cs, ¹³⁷Cs, ²¹⁰Pb, ²²⁶Ra

Anexo 3. Reporte de usuarios con presiones altas y bajas

Nudos con presión dinámica superior a los 50 mca

Id Nudos	Este	Norte	Cota	Demanda base	Presión
n62	734636	9672282	2955	0,012	62,57
n64	734695	9672393	2954	0,012	66,4
n65	734365	9672163	2919	0,012	57,29
n73	733939	9672429	2858	0,012	58,27
n78	733823	9671903	2831	0,037	82,95
n80	733788	9671738	2820	0,012	93,48
n82	733706	9671707	2818	0,012	95,45
n88	733972	9672316	2855	0,012	61,18
n126	734008	9672978	2929	0,012	67,89
n138	734357	9672073	2913	0,025	63,18
n157	733953	9672350	2852	0,012	64,19
n159	733785	9671682	2842	0,012	71,46
n173	733965	9672976	2934	0,012	62,89
n183	733153	9673146	2918	0,012	70,05
n189	732714	9673332	2896	0,012	85,06
n190	732391	9673163	2856	0,012	124,93
n191	732784	9673432	2907	0,012	74,06
n202	732111	9673445	2741	0,012	69,53
n203	732022	9673365	2718	0,012	92,49
n207	732331	9673352	2786	0,012	61,63
n210	732600	9673641	2844	0,012	62,8
n212	733065	9673814	2916	0,012	57,59
n218	732522	9673730	2837	0,012	71,47
n224	731921	9673699	2689	0,012	66,04
n225	731931	9673742	2688	0,012	67,03
n229	731928	9674036	2668	0,012	57,65
n255	733045	9674447	2769	0,012	86,94
n261	732569	9674426	2713	0,012	75,95
n263	732544	9674178	2731	0,012	57,3
n335	732241	9675076	2635	0,012	72,9
n391	733110	9675148	2694	0,012	61,86
n436	732283	9673337	2782	0,012	65,62
n266	732380	9674010	2716	0,012	70,41
n269	732472	9674083	2719	0,012	67,55
n272	731786	9674330	2639	0,012	70,28
n274	731776	9674614	2624	0,012	85,23
n322	732180	9674889	2639	0,012	68,33
n323	732085	9674917	2626	0,012	81,2
n447	731898	9673971	2662	0,012	63,66
n449	733109	9674435	2769	0,012	86,85

n450	733170	9674421	2776	0,012	79,83
n453	732364	9673986	2717	0,012	69,4
n458	731813	9674484	2639	0,012	70,28
n476	732175	9674823	2638	0,012	69,36
n477	732165	9674848	2635	0,012	72,36
n479	732050	9674917	2626	0,012	81,19
n514	732457	9675548	2609	0,012	61,78

Nudos con presión dinámica inferior a los 50 mca

n35	734784	9672653	2975	0,037	5,76
n41	732647	9675219	2679	0,012	7,27
n97	735251	9673401	3008	0,025	4,4
n102	732608	9675212	2678	0,012	7,8
n119	734154	9673479	3001	0,012	4,18
n133*	735185	9672408	3016	0,012	5,1
n134	734634	9673631	3007	0,012	3,86
n176	733411	9673371	2989	0,012	8,34
n179	733449	9673824	2987	0,012	7,69
n284	732866	9674479	2748	0,012	8,68
n345	733607	9674657	2878	0,012	6,75
n347	733586	9674595	2879	0,012	8,34
n404	732779	9675110	2704	0,012	5,05
n414	732586	9675215	2675	0,012	8,15
n430	733441	9673829	2986	0,025	8,67
n444	732168	9673881	2721	0,012	4,91
n486	733136	9674838	2767	0,012	6,38
n491	732965	9674951	2723	0,012	3,37
n498	732721	9675134	2699	0,012	7,08

Nota:

* Acometida en el cual el abonado tiene conectado una bomba para suplir el déficit de presión

Anexo 4. Resultados del análisis al agua cruda y del tanque de reserva

Época de Verano

LABORATORIO DE SANITARIA

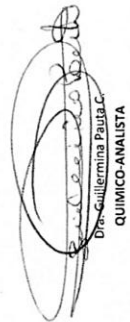
RESULTADOS DE ANALISIS FISICO-QUIMICO Y BACTERIOLOGICO DE AGUA

Muestra procedencia: Parroquia Zhidmad.- Cantón Gualaquiza.- Provincia del Azuay
Tipo de fuente: Superficial
Fecha de toma: 14 de Septiembre de 2016
Fecha de Análisis: 14 de Septiembre de 2016
Análisis solicitado por: Sr. Santiago Ulloa

PARAMETROS	Captación Tari	Captación Damazocha	Captación Achupilla	Entrada a la planta	Filtro Lento1	Filtro Lento 2	Tanque de Reserva (Clorada)	UNIDAD	OBSERVACIONES
PARAMETROS FISICOS									
HORA	9:55	11:25	12:00	12:50	13:00	13:00	13:10		
TURBIEDAD	7,85	9,48	3,12	4,55	2,01	1,68	2,28	NTU, FTU	
COLOR APARENTE	49,0	64,0	23,0	39,0	10,0	24,0	4,0	UC, Pt Co	
COLOR REAL	34,0	24,0	11,0	24,0	4,0	15,0	2,0	UC, Pt Co	
CONDUCTIVIDAD	56,4	88,7	84,0	76,3	80,2	80,6	92,4	microsiemens/ cm	
SOLIDOS DISUELTOS TOTALES	37,2	58,5	55,4	50,4	52,9	53,2	61,0	mg/l	por cálculo
PARAMETROS QUIMICOS									
pH	6,84	7,00	7,22	7,27	7,36	7,37	7,53		
ALCALINIDAD TOTAL	32,4	47,0	45,6	44,6	44,2	44,8	42,6	mg/l, CaCO3	
ALCALINIDAD F.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	mg/l, CaCO3	
DUREZA TOTAL	32,6	50,4	53,4	35,4	51,4	56,0	56,6	mg/l, CaCO3	
Ca++	12,8	11,4	16,8	11,2	15,9	12,2	16,6	mg/l	
Mg++	0,1	5,3	2,8	1,8	2,8	6,2	3,6	mg/l	por cálculo
HIERRO TOTAL	0,19	0,09	0,02	0,05	0,02	0,03	0,02	mg/l	
TANINOS Y LIGNINAS	0,90	1,20	1,50	2,10	2,10	1,80	1,40	mg/l	
MANGANESO	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	mg/l	
COBRE	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	mg/l	
SILICIO	15,00	15,40	15,60	15,70	14,70	14,40	14,30	mg/l	
FLUOROS	0,56	1,64	0,76	0,72	0,28	0,76	0,96	mg/l	
FOSFORO REACTIVO	0,08	0,08	0,12	0,08	0,08	0,09	0,08	mg/l	
FOSFORO TOTAL	1,55	1,20	2,23	0,90	0,82	3,83	*	mg/l	como Fósforo
CLORUROS	3,4	5,0	5,4	8,3	5,6	6,6	8,9	mg/l	como Fósforo
SULFATOS	0,37	0,68	0,24	0,13	0,51	0,71	0,33	mg/l	
AMONIO	0,070	0,020	0,007	0,008	0,120	0,004	*	mg/l	como Nitrogeno
N. NITRITOS	5,36	2,94	2,13	2,94	2,13	2,55	2,13	ug/l	como Nitrogeno
CLORO LIBRE RESIDUAL								mg/l	
PARAMETROS BIOLÓGICOS									
RECuento EN PLACA	50,0	25,0	41,0	140,0	0,0	4,0	0,0	U.F.C./100ml	37°C, 24H
PSEUDOMONA AERUGINOSA	5,0	2,0	3,0	7,0	0,0	0,0	0,0	U.F.C./100ml	42°C, 24H
MOHOS Y LEVADURAS	2,0	0,0	1,0	2,0	0,0	0,0	0,0	NMP/100ml	35,5°C, 5D
COLIFORMES TOTALES	13,0	4,0	4,5	14,0	<1,8	<1,8	<1,1	NMP/100ML	37°C, 24H
E. COLI	2,0	2,0	<1,8	7,8	<1,8	<1,8	<1,1	NMP/100ML	37°C, 24H

Observaciones: * No se realiza por ser muestra tratada

Responsable:


Dr. Guillermo Pádua C.
QUIMICO-ANALISTA

UNIVERSIDAD DE CUENCA
Facultad de Ingeniería
LABORATORIO DE
INGENIERIA SANITARIA

Época de invierno

LABORATORIO DE SANITARIA

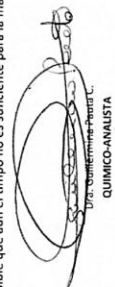
RESULTADOS DE ANALISIS FISICO-QUIMICO Y BACTERIOLOGICO DE AGUA

Muestra procedencia:	Parroquia Zhidmad.- Cantón Gualaquiza.- Provincia del Azuay
Tipo de fuente:	Superficial
Fecha de toma:	11 de Enero de 2016
Fecha de Análisis:	11 de Enero de 2016
Análisis solicitado por:	Sr. Santiago Ulloa

PARAMETROS	Captación Tari	Captación Danzacecha	Captación Achupilla	Entrada a la planta	Filtro Lento1	Tanque de Reserva (Etorada)	UNIDAD	OBSERVACIONES
PARÁMETROS FÍSICOS								
HORA	8:50	9:20	10:00	10:35	10:45	10:45	am	
TURBEDAD	19,0	30,3	11,7	18,7	14,8	17,0	NTU, FTU	
COLOR APARENTE	101,0	147,0	57,0	98,0	85,0	84,0	UC, Pt Co	
COLOR REAL	61,0	100,0	48,0	63,0	73,0	72,0	UC, Pt Co	
CONDUCTIVIDAD	54,4	76,5	80,1	69,8	69,6	75,5	microsiemens/ cm	
SOLIDOS DISUELTOS TOTALES	35,9	50,5	52,9	46,1	45,9	49,8	mg/l	por cálculo
PARÁMETROS QUÍMICOS								
pH	5,98	6,42	6,62	6,87	6,86	6,96		
ALCALINIDAD TOTAL	32,0	45,4	45,8	37,6	37,4	43,8	mg/l, CaCO3	
ALCALINIDAD F.	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	mg/l, CaCO3	
DUREZA TOTAL	28,4	51,6	52,8	48,4	35,2	53,6	mg/l, CaCO3	
Ca++	6,5	11,1	11,8	9,6	10,7	11,9	mg/l	
Mg++	3,0	5,8	5,6	5,9	2,0	5,8	mg/l	
HIERRO TOTAL	0,14	0,11	0,04	0,10	0,09	0,10	mg/l	
TANINOS Y LIGNINAS	0,90	1,20	1,50	2,10	2,10	1,40	mg/l	
MANGANESO	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	mg/l	
COBRE	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	mg/l	
SILICIO	0,59	0,65	0,89	1,21	0,34	0,47	mg/l	
FLUOROS	0,28	0,08	0,04	0,04	0,04	0,04	mg/l	
FOSFORO REACTIVO	0,053	0,111	0,126	0,091	0,087	0,089	mg/l	
FOSFORO TOTAL	1,47	2,38	2,73	1,54	0,46	2,24	mg/l	como Fósforo
CLORUROS	4,3	5,4	5,7	3,5	3,8	3,3	mg/l	como Fósforo
SULFATOS	0,31	0,29	0,41	0,39	0,45	0,06	mg/l	
AMONIO	0,006	<0,010	<0,010	<0,010	0,041	0,03	mg/l	como Nitrógeno
N. NITRITOS	0,96	1,00	0,15	0,16	0,18	0,17	ug/l	como Nitrógeno
CLORO LIBRE RESIDUAL						0,1	mg/l	como Nitrógeno
PARÁMETROS BIOLÓGICOS								
RECUBIERTO EN PLACA	346,0	35,0	35,0	297,0	81,0	0,0	U.F.C./ml	37°C 24H
PSEUDOMONAS AERUGINOSA	45,0	4,0	2,0	11,0	0,0	0,0	U.F.C./100ml	42°C 24H
MOHOS Y LEVADURAS	18,0	1,0	0,0	5,0	0,0	0,0	U.F.C./100ml	35,5°C 5D
COLIFORMES TOTALES	920,0	11,0	6,8	170,0	49	<1,1	NMP/100ml	37°C 24H
E. COLI	17,0	2,0	<1,8	4	<1,8	<1,1	NMP/100ML	37°C 24H

Observación: el filtro lento 1, lleva operando dos semanas después de su limpieza; es posible que aun el limpo no es suficiente para la maduración total del mismo, y una mayor respuesta para la remoción de contaminantes.
Recomendación: hacer un nuevo muestreo en una o dos semanas más.

Responsable:


Dr. Guillermo Pareda C.
QUÍMICO-ANALISTA

UNIVERSIDAD DE CUENCA
Facultad de Ingeniería
LABORATORIO DE
INGENIERIA SANITARIA

Anexo 5. Resultados del análisis al agua potable (red de distribución)


Época de Verano

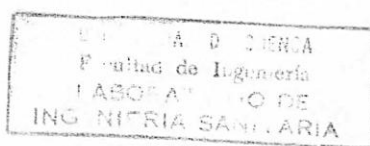
LABORATORIO DE SANITARIA

RESULTADOS DE ANALISIS FISICO-QUIMICO Y BACTERIOLOGICO DE AGUA	
Muestra procedencia:	Parroquia Zhidmad.- Cantón Gualaceo.- Provincia del Azuay
Tipo de fuente:	Superficial
Fecha de toma:	27 de Octubre de 2016
Fecha de Análisis:	27 de Octubre de 2016
Análisis solicitado por:	Sr. Santiago Ulloa

PARAMETROS	Escuela Monjas	Escuela Bellavista	Vivienda Gordeleg	UNIDAD	OBSERVACIONES
PARÁMETROS FÍSICOS					
HORA	10:00	10:45	11:00		
TURBIEDAD	1,77	1,82	1,35	NTU, FTU	
COLOR APARENTE	22,0	15,0	16,0	UC, Pt Co	
COLOR REAL	10,0	7,0	2,0	UC, Pt Co	
CONDUCTIVIDAD	88,5	83,8	88,2	microsiemens/ cm	
SOLIDOS DISUELTOS TOTALES	58,4	55,3	58,2	mg/l	por cálculo
PARÁMETROS QUÍMICOS					
pH	7,67	7,58	7,84		
ALCALINIDAD TOTAL	42,4	41,4	38,0	mg/l, CaCO ₃	
ALCALINIDAD F.	0,0	0,0	0,0	mg/l, CaCO ₃	
DUREZA TOTAL	30,6	42,2	45,0	mg/l, CaCO ₃	
Ca++	8,8	11,2	11,6	mg/l	
Mg++	2,1	3,5	3,9	mg/l	por cálculo
ALUMINIO	0,020	0,020	0,020		
HIERRO TOTAL	0,02	0,02	0,02	mg/l	
TANINOS Y LIGNINAS	1,30	1,10	1,10	mg/l	
MANGANESO	0,0	0,0	0,0	mg/l	
COBRE	0,0	0,02	0,01	mg/l	
SILICIO	15,80	15,50	15,60	mg/l	
FLORUROS	0,44	0,40	0,32	mg/l	
FOSFORO REACTIVO	0,090	0,088	0,084	mg/l	como Fósforo
CLORUROS	5,5	5,0	4,0	mg/l	
SULFATOS	0,36	0,27	0,29	mg/l	
N. NITRITOS	0,016	0,020	0,024	ug/l	como Nitrógeno
N. NITRATOS	0,450	0,440	0,450	mg/l	como Nitrógeno
CLORO LIBRE RESIDUAL	0,5	1,0	1,0	mg/l	como Nitrógeno
PARÁMETROS BIOLÓGICOS					
RECuento EN PLACA	0,0	0,0	0,0	U.F.C./ml	
PSEUDOMONA AERUGINOSA	0,0	0,0	0,0	U.F.C./100ml	37°C. 24H
MOHOS Y LEVADURAS	0,0	0,0	0,0	U.F.C./100ml	42°C. 24H
COLIFORMES TOTALES	0,0	0,0	0,0	U.F.C./100ml	35,5°C. 5D
E. COLI	0,0	0,0	0,0	U.F.C./100ml	37°C. 24H

Responsable:


Dra. Guillermina Pouta C.
QUIMICO-ANALISTA



Época de invierno

LABORATORIO DE SANITARIA

RESULTADOS DE ANALISIS FISICO-QUIMICO Y BACTERIOLOGICO DE AGUA

Muestra procedencia:	Parroquia Zhidmad. - Cantón Gualaceo. - Provincia del Azuay
Tipo de fuente:	Superficial
Fecha de toma:	24 de Enero de 2016
Fecha de Análisis:	24 de Enero de 2016
Análisis solicitado por:	Sr. Santiago Ulloa

PARAMETROS	Escuela Monjas	Escuela Bellavista	Vivienda Gordeleg	UNIDAD	OBSERVACIONES
PARÁMETROS FÍSICOS					
HORA	11:20	12:00	12:25		
TURBIEDAD	5,71	5,63	5,75	NTU, FTU	
COLOR APARENTE	24,0	27,0	38,0	UC, Pt Co	
COLOR REAL	15,0	19,0	21,0	UC, Pt Co	
CLORO LIBRE RESIDUAL	1,0	1,0	1,0	mg/l	
PARÁMETROS BIOLÓGICOS					
RECuento EN PLACA	0,0	0,0	0,0	U.F.C./ml	
PSEUDOMONA AERUGINOSA	0,0	0,0	0,0	U.F.C./100ml	37°C. 24H
MOHOS Y LEVADURAS	0,0	0,0	0,0	U.F.C./100ml	42°C. 24H
COLIFORMES TOTALES	0,0	0,0	0,0	U.F.C./100ml	35,5°C. 5D
E. COLI	0,0	0,0	0,0	U.F.C./100ml	37°C. 24H

Responsable:


Dra. Guillermina Pauta C.
QUIMICO-ANALISTA

UNIVERSIDAD DE CUENCA
Facultad de Ingeniería
LABORATORIO DE
INGENIERIA SANITARIA